

Kirsi Peltola

## **PILOTTIRULLAKÄYTÄNNÖN NYKYTILANTEEN SELVITYS JA KEHITTÄMINEN**

# **PILOTTIRULLAKÄYTÄNNÖN NYKYTILANTEEN SELVITYS JA KEHITTÄMINEN**

Kirsi Peltola  
Opinnäytetyö  
Kevät 2017  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma, koneautomaatio

---

Tekijä: Kirsi Peltola

Opinnäytetyön nimi: Pilottirullakäytännön nykytilanteen selvitys ja kehittäminen

Työn ohjaaja: Esa Törmälä

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2017      Sivumäärä: 61

---

Tässä opinnäytetyössä selvitettiin pilottirullakäytännön tarpeellisuutta osana kuumavalssaamon laadunohjausta. Opinnäytetyön tilaajana toimi Outokumpu Oyj:n kuumavalssaamo. Tavoitteena oli selvittää pilottirullakäytännön nykytilanne ja kehittää nykyistä toimintaa, millä mahdollistettaisiin nopea reagointikyky laatuongelmissa. Työssä selvitettiin myös pilottirullia ajavien esihekkutuslinjojen pinnanlaadun todentamisvarmuus ja kuumavalssaamon ennaltaehkäiseviä sekä korjaavia toimenpiteitä laaduntuottokyvyn ylläpitämiseksi.

Esihekkutuslinjojen todentamisvarmuus selvitettiin analysoimalla Torniossa ajettujen teräsnauhojen tarkastustietoja aikavälillä 1.1. - 7.11.2016. Pilottirullakäytännön nykytilanne selvitettiin haastattelemalla linjojen henkilöstöä ja tarkastelemalla ajettujen pilottirullien ajo- ja tarkastustietoja.

Pinnantarkastustietojen perusteella havaittiin, että kuumavalssaamon painumista havaitaan vain 9 prosenttia esihekkutuksessa. Ainoastaan 8 prosentille painumista oli löytynyt virheväli. Testiajojen pinnantarkastusdatan perusteella painumat havaittiin huomattavasti paremmin aktiivisella tarkastustyöllä. Testinauhoista löytyneille kaikille painumille oli löydetty virheväli. Pilottirullia oli ajettu 31 prosenttia ohjeellisesta määrästä testijakson aikana ja vain 49 prosentille ajetuista pilottirullista oli suoritettu ohjeen mukainen tehostettu pinnantarkastus.

Tulosten perusteella havaittiin, ettei pilottirullakäytäntö toimi tarvittavalla tasolla. Esihekkutuksessa ei pystytä tuottamaan pinnantarkastusdatan perusteella tarpeeksi luotettavaa pinnantarkastustietoa, jotta kuumavalssaamo pystyisi määrittämään korjaavia toimenpiteitä laaduntuottokyvyn ylläpitämiseksi. Testiajojen perusteella pinnantarkastuksessa voidaan kuitenkin havaita pintavirheitä huomattavasti paremmin aktiivisella pinnantarkastuksella. Opinnäytetyön tuloksena pohdittiin pilottirullakäytännön kehittämistä, joka mahdollistaa luotettavan pinnanlaadun todentamisvarmuuden ja nopean reagoinnin laatuongelmatapauksissa.

---

Asiasanat: pilottirullakäytäntö, laadunhallinta, tilastollinen prosessinohjaus

## ALKULAUSE

Tämä työ on tehty Outokumpu Stainless Oy:n kuumavalssaamon toimeksiantosta. Yrityksessä työtäni valvoi kehitysinsinööri Elina Heinonen ja ohjaavana opettajana toimi lehtori Esa Törmälä.

Haluan esittää kiitokseni työn ohjaajalle Elina Heinoselle ja ohjaavalle opettajalle Esa Törmälälle työhöni saamista neuvoista, ehdotuksista ja ohjauksesta. Lisäksi haluan kiittää kylmävalssaamon laatu- ja kehitys-organisaation henkilöstöä, erityisesti päivätyönjohtaja Joonas Räikkää, työhönopastaja Marko Ketoja ja kiertäviä tarkastajia. Heiltä olen saanut työni aikana neuvoja ja tukea. Kiitokset kuuma- ja kylmävalssaamon henkilöstölle osallistumisesta tähän opinnäytetyöhön.

Suurin kiitos kuuluu perheelleni ja ystävilleni, erityisesti avopuolisolleni Lasse Törmäselle ja isälleni Matti Peltolalle, jotka ovat jaksaneet kannustaa ja tukea minua insinöörityössäni kevään aikana.

Oulussa 17.4.2017

Kirsi Peltola

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ALKULAUSE	4
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	7
2 OUTOKUMPU OYJ	8
2.1 Kuumavalssaamo	9
2.2 Kylmävalssaamo	10
3 LAATU	12
3.1 Laadunhallintajärjestelmä	12
3.2 Laadunhallinta	13
3.2.1 Laadun suunnittelu	15
3.2.2 Laadunvarmistus	15
3.2.3 Laadunohjaus	16
3.2.4 Laadun parantaminen	16
3.3 Laatutyökalut	17
3.3.1 Histogrammi	18
3.3.2 Syy-seurausanalyysi	18
3.3.3 Tarkastuskortti	19
3.3.4 Pareto-kuvaaja	19
3.3.5 Vuokaavio	20
3.3.6 Hajontakaavio	20
3.3.7 Valvontakortit	21
3.4 Laatukustannukset	21
3.5 Outokumpu laaduntekijänä	23
4 TILASTOLLINEN PROSESSINOHJAUS SPC	25
4.1 Perusjoukko, alkio	25
4.2 Näyte, näyte-erä	25
4.3 Keskiarvo	26
4.4 Vaihteluväli	26
4.5 Keskihajonta	26
4.6 Mediaani	26

5 KUUMAVALSSAAMON LAADUNHALLINTA	27
5.1 Pilottirullakäytäntö	27
5.2 Kuumavalssaamon laatuvirheet	29
5.2.1 Kuumavalssaamon painuma	30
5.2.2 Kuumavalssaamon naarmu	31
5.2.3 Kunnossapidon vaikutus laatuvirheisiin	32
6 PINNANLAADUN TODENTAMINEN ESIHEHKUTUKSESSA	33
6.1 Kuumavalssaamon painuman havaitseminen	34
6.2 Kuumavalssaamon naarmun havaitseminen	37
6.3 Testiajot	38
7 PILOTTIRULLAKÄYTÄNNÖN NYKYTILANTEEN SELVITYS	42
8 KUUMAVALSSAAMON KUNNOSSAPIDON TARKASTELU	47
9 PILOTTIRULLAKÄYTÄNNÖN KEHITTÄMINEN	50
10 YHTEENVETO	54
LÄHTEET	60

# 1 JOHDANTO

Opinnäytetyö on tehty toimeksiantona Outokumpu Stainless Oy:lle. Työssä tutkitaan sekä kuumavalssaamon että kylmävalssaamon mustien kuumanauhojen pinnanlaadunvarmennuksen nykytilannetta. Aihe on ajankohtainen kuumavalssaamon laaduntuottokyvyn parantamiseksi, sillä pinnantarkastuslaitteistolla ei pystytä havaitsemaan vakavia virheitä pitkällä virhevälillä. Kuumavalssaamon laatuvirheiden aikainen havaitseminen on hyvin tärkeää prosessin tuottavuudelle.

Työssä selvitetään kuumavalssaamon laadunohjaukseen kuuluvan pilottirullakäytännön toimivuutta ja pohditaan, miten pilottirullakäytäntöä voitaisiin kehittää. Lautupalautteen antamisen nykykäytännön selvittäminen on myös tärkeä osa työtä, sillä luotettavan lautupalautteen saaminen kuumavalssaamolle mahdollisimman nopeasti on erityisen tärkeää korjaustoimenpiteiden mahdollistamiseksi.

Pilottirullakäytännön mahdollisuutta tuottaa luotettavaa tietoa tarkastellaan esiherkutuslinjojen todennäköisyydellä havaita kirkkaiden kuumanauhojen pintavirheet. Todentamisvarmuutta tutkitaan testiajoilla ja pinnantarkastusdatan pohjalta. Työssä selvitetään myös kuumavalssaamon laatuongelmiin kohdistettavia toimenpiteitä ja arvioidaan niiden tarpeellisuutta.

Tässä työssä ei käsitellä pinnantarkastuslaitteiston toimintavarmuutta. Työ keskittyy operaattorien kirjaaman tarkastusdatan analysoimiseen. Tässä raportissa ei esitellä tarkkoja lukumääriä eikä kunnossapidollisia toimenpiteitä.

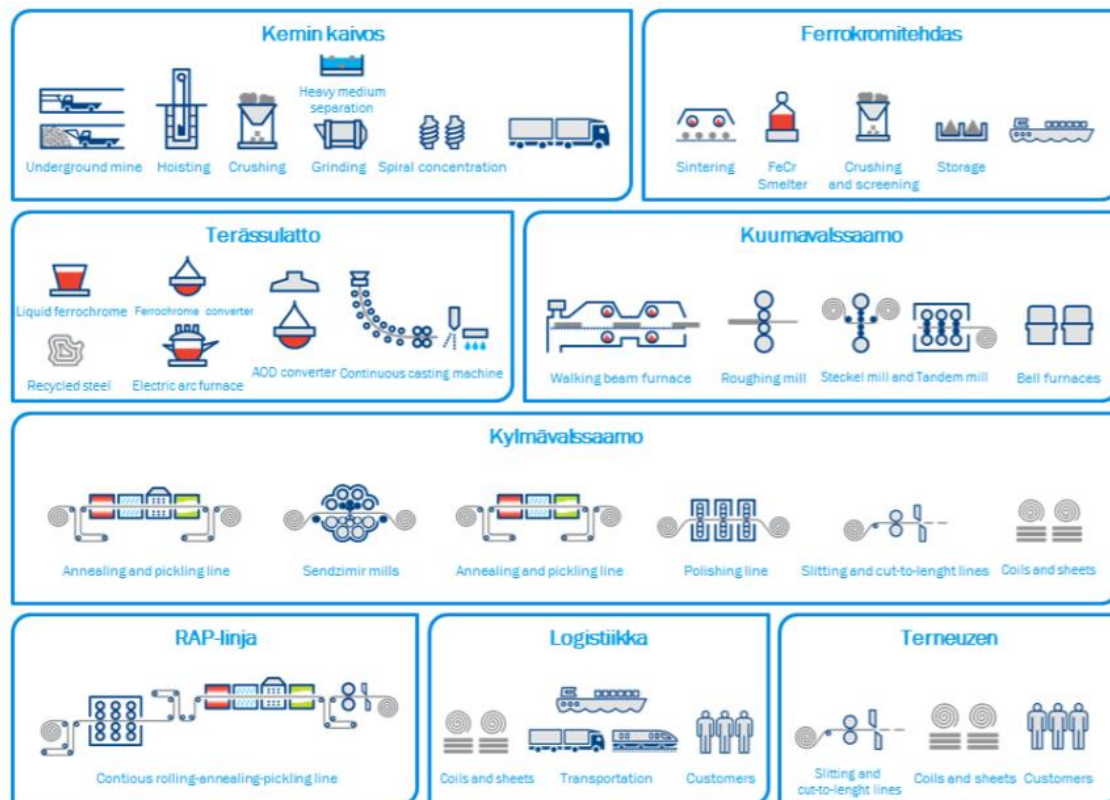
## 2 OUTOKUMPU OYJ

Outokumpu on metalliteollisuuden alalla toimiva yhtiö, ja se on maailman johtavia ruostumattoman teräksen valmistajia. Outokummun osuus kylmävalssatun ruostumattoman teräksen toimituksista vuonna 2015 Euroopassa oli noin 30 prosenttia ja koko maailmassa noin 8 prosenttia. Yhtiön pääkonttori sijaitsee Euroopassa ja toimitusjohtaja on hollantilainen Roeland Baan. Outokumpu tunnetaan tuotelaadustaan ja monipuolisista erikoisteräksistään. Yhtiö on monikansallinen, ja sen palveluksessa on globaalisti yli 11 500 henkilöä. (Vuosikertomus 2015, 2 - 4.)

Outokummun liiketoiminta on jaettu neljään eri liiketoiminta-alueeseen ja jokaisella on selkeät roolit ja tavoitteet. Suurin liiketoiminta-alue on Coil EMEA, jonka liikevaihto oli noin 59 prosenttia koko konsernin liikevaihdosta. Coil EMEAn tavoitteena on ylläpitää ja parantaa Outokummun asemaa Euroopassa tuotteiden laadun ja asiakaspalvelun avulla. Coil EMEA jakautuu kolmeen liiketoimintalinjaan: Tornio, Avesta ja Nirosta. (Vuosikertomus 2015, 2.)

Tornion tuotantolaitokset muodostavat maailman integroiduimman ruostumattoman teräksen tuotantoketjun. Kuvassa 1 on esitelty Tornion tehtaiden tuotantokaavio. Tuotantoprosessi alkaa Kemin kaivokselta, jossa louhittu kromimalmi rikastetaan pala- ja hienorikasteiksi. Hienorikaste kuljetetaan Torniossa sijaitsevalle ferrokromitehtaalle, jossa se käsitellään ja siirretään viereiselle terässulattolle. Terässulattolla kromisulasta ja kierrätysteräksestä valmistetaan aihioita. Aihiot kuljetetaan kuumavalssaamolle jatkoprosessointia varten. (O'net.)





KUVA 1. Tornion tehtaiden tuotantokaavio (O'net)

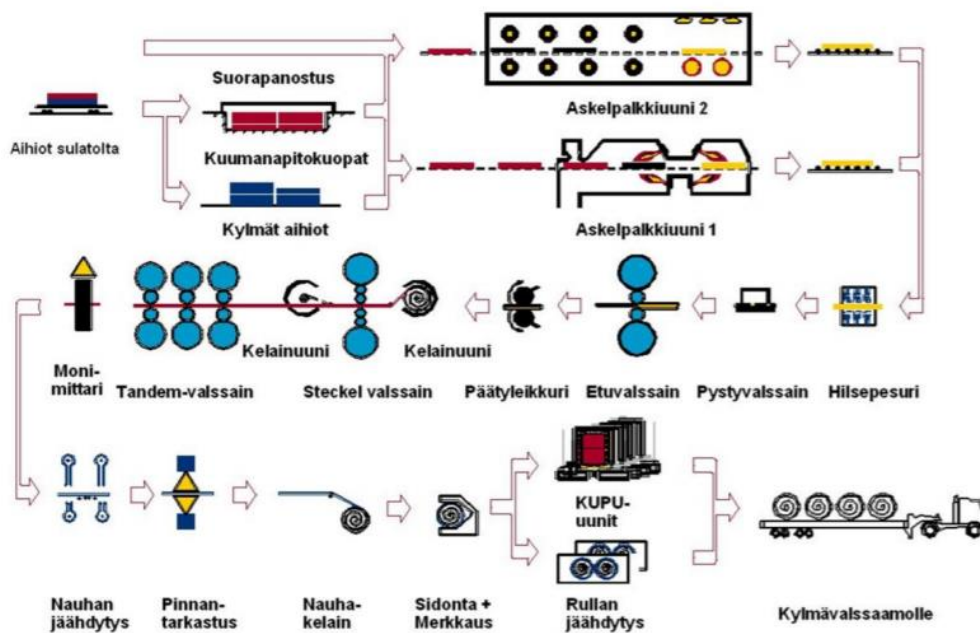
## 2.1 Kuumavalssaamo

Kuumavalssaamolla jatkuvavalukoneella tehty aihiot valssataan nauhaksi. Terässulattelta saapuvat aihiot panostetaan suoraan askelpalkkiuuniin, varastoidaan kumanapitokuoppiin tai säilytetään jäähtyneenä pinoissa uunihallissa. Askelpalkkiuunissa aihioden lämpötila nostetaan yli 1 200 celsiusasteeseen. Aihion saavutettua haluttu lämpötila aihio siirtyy hilsepesurille, jossa kuumentamisesta aiheutuneet hilseet pestään pois aihion pinnalta. Tämän jälkeen aihio siirtyy etuvalssaimelle. Etuvalssaimella aihio valssataan esinauhaksi 20 - 25 mm:n paksuuteen useammalla läpimenolla eli pistolla. (Huru 2009, 73 - 75.)

Esinauhaa ohennetaan valssaamalla Steckel- ja Tandem-valssaimilla. Steckel-valssaimen eli nauhavalssaimen yhteydessä ovat uunikelaimet, joilla ylläpidetään nauhan lämpötilaa valssauksen aikana. Tandem-valssituolit F5 - F7 sijaitsevat nauhavalssaimen jälkeen peräkkäin. Nauhan tavoitepaksuuden mukaisesti valssaus voidaan suorittaa tandemvalssauksena tai semitandemvalssauksena.

senä. Tandemvalssauksessa nauha valssataan yhdellä pistolla jokaisen valssituolin läpi. Semitandemvalssauksessa nauhaa valssataan nauhavalssaimella kolme pistoa ja tandemvalssaimen valssituoleilla yksi pisto. (Huru 2009, 75 - 76.)

Tandemvalssaimen jälkeen on monimittari, jolla mitataan nauhan tasomaisuus, leveys, lämpötila, profiili ja paksuus. Nauha jäähdytetään ennen kelausta lamiinaarijäädyttimellä. Jäähdytyksen jälkeen automaattisen pinnantarkastuslaitteiston avulla pyritään kuvaamaan mahdolliset pintavirheet ennen kelausta. Kelauksen jälkeen rullat sidotaan, merkataan ja sijoitetaan jäähdytyspaikoille. Jäähdytyspaikkoja ovat kuivajäädytyspaikat ja vesialtaat (Huru 2009, 75). Jäähdytyksen jälkeen osa rullista siirretään kupu-uuneihin, joissa teräksen mikrorakenne homogenisoidaan (Tuotantoprosessi Torniossa ja Kemin kaivoksella). Kuvassa 2 on esitelty kuumavalssaamon prosessikaavio (O'net).



KUVA 2. Kuumavalssaamon prosessikaavio (O'net)

## 2.2 Kylmävalssaamo

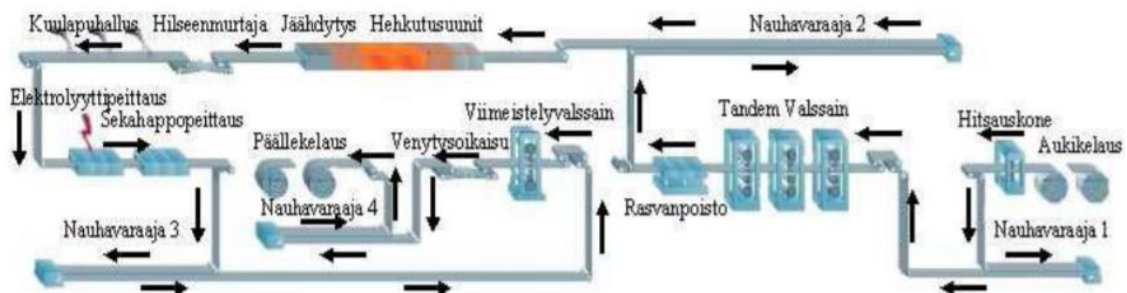
Kylmävalssaamo on Tornion tehtaiden suurin tuotanto-osasto. Kylmävalssaamolla kuumanauhat hehkutetaan ja peitataan kirkkaiksi kuumanauhoiksi sekä

jatkojalostetaan kylmävalssatuiksi tuotteiksi. Kylmävalssaamon tuotanto-osastoon kuuluvat Kylmävalssaamo 1 ja 2. (O'net.)

Kuumavalssatut teräsrollat kuljetetaan Kylmävalssaamo 1:lle jatkokäsiteltäviksi. Mustat kuumanauhat ajetaan HP1- ja HP3-linjoilla sekä hehkutus- ja peittauslinjoilla. Esihehkutuksen jälkeen osa kuumanauhoista lähetetään suoraan leikkauslinjoille, josta ne menevät pakattavaksi suoraan asiakkaalle. Loput rullista jatkavat matkaansa kylmävalssattavaksi loppumittaansa. (O'net.)

Kylmävalssattujen teräsnauhojen mekaaniset ominaisuudet palautetaan loppuhehkutuksessa. Kylmävalssaamo 1:n loppuhehkutuslinjoja ovat HP2- ja HP4-linjat. Loppuhehkutuksesta osa nauhoista jatkaa matkaa viimeistelyvalssaimelle oikaistavaksi ja hiottavaksi. Leikkauslinjoilla teräsnauhat leikataan asiakkaille, jonka jälkeen ne siirtyvät pakattavaksi. (O'net.)

Kuvassa 3 on esitelty Kylmävalssaamo 2 eli RAP 5 -linja on jatkuvatoiminen tuotantolinja, joka koostuu tandemvalssaimesta, hehkutus- ja peittausosasta, viimeistelyvalssaimesta ja venytysoikaisuyksiköstä. Linjalla voidaan ajaa kylmä- ja kuumanauhaa. (O'net.)



KUVA 3. RAP 5 -linjan prosessikaavio (O'net)

### 3 LAATU

Laadulla tarkoitetaan tietyn tuotteen tai palvelun ominaispiirteitä, joilla täytetään sille asetetut vaatimukset ja odotukset. Laatua tulee kyetä mittaamaan tai arvioimaan, jotta voitaisiin erotella hyvä huonosta tai asettaa asioita tärkeys- ja paremuusjärjestykseen. Laatua voidaan mitata ja arvioida vasta sitten, kun tärkeät ominaisuudet ja niiden tavoitearvot ovat määritetty. (Andersson – Tikka 1997, 16 - 18.)

Laatukäsite voidaan jakaa toiminnalliseen ja tekniseen laatuun. Toiminnallisella laadulla tarkoitetaan koko prosessin onnistumista ajallaan. Tärkeintä on toimittaa tuote ajallaan asiakkaalle. Toiminnan laatu on erittäin tärkeä asiakastyytyväisyyden ja kannattavuuden ylläpitäjä. Teknisellä laadulla kuvataan sitä, millaisen tuotteen asiakas itselleen saa ja kuinka hyvin se soveltuu asiakkaan ongelman ratkaisemiseen. (Salomäki 2003, 36 - 37.)

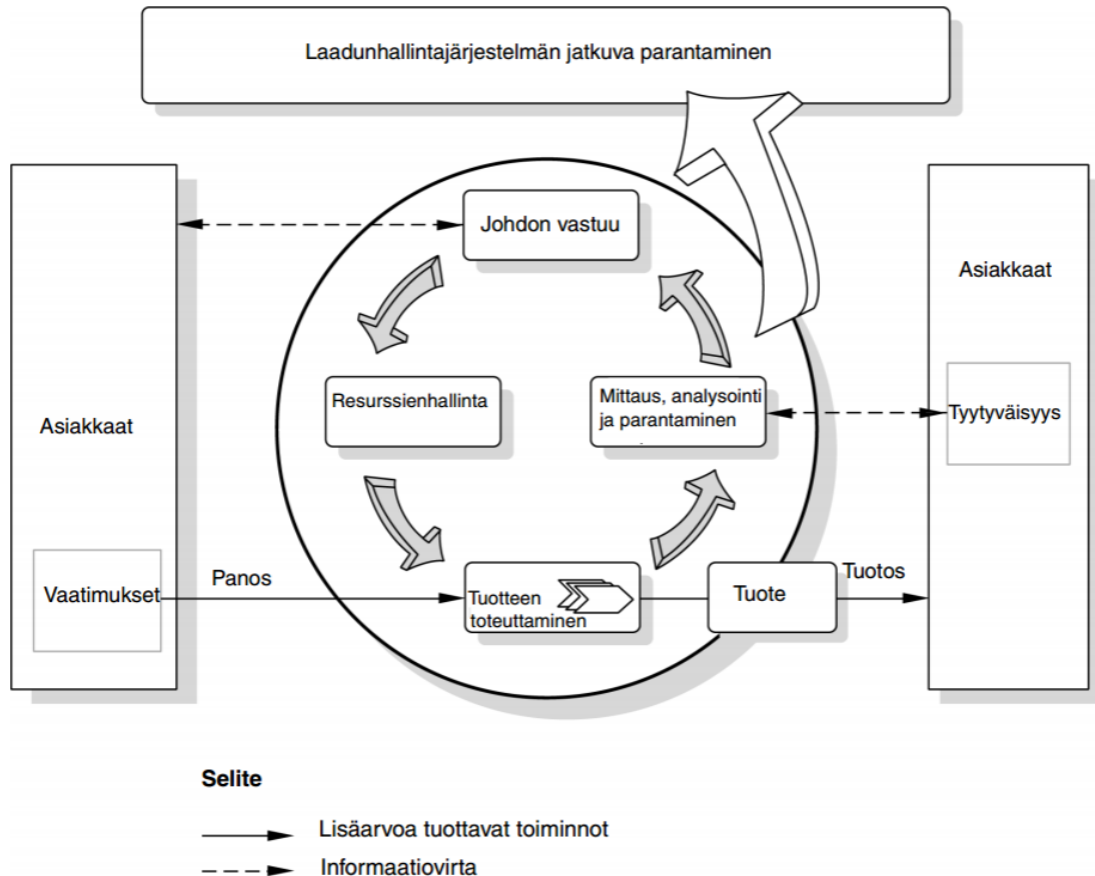
Nykyaikaisen terästeollisuusyrityksen yhtenä tavoitteena on tuottaa laadukkaita tuotteita. Laatujärjestelmä pyrkii varmistamaan, että organisaatio saavuttaa tavoittelemansa laatutason. Johdon määrittelemä laatupolitiikka ohjaa yrityksen laatujärjestelmää, jonka lähtökohtana on asiakkaan tarpeet. (Teräksen laadusta vastaa jokainen sen tekijä, 94). Laatupolitiikka määrittää yrityksen laatujohtamisen, jonka tavoitteena on saada kaikki toiminnot toteutettavaksi laadukkaasti (Hölttä – Savonen 1997, 11).

#### 3.1 Laadunhallintajärjestelmä

Standardissa ISO 9001 määritellään laadunhallintajärjestelmää koskevat vaatimukset. Kuvassa 4 on esitelty prosesseihin perustuva laadunhallintajärjestelmä, jossa asiakkailla on suuri vaikutus prosessien lähtötietojen vaatimusten määrittämiseen. Vaatimuksia hyödynnetään organisaation sisäisissä toiminnoissa, sertifiointeissa ja sopimuksissa. Laadunhallintajärjestelmän dokumentointiin tulee sisältyä

- dokumentoidut lauseimat laatutavoitteista ja laatupolitiikasta
- laatukäsikirja

- standardin edellyttämät tallenteet ja menettelyohjeet
- asiakirjat, jotka yritys on katsonut suunnittelun, toiminnan ja ohjauksen kannalta tarpeellisiksi. (SFS-EN ISO 9001. 2008, 14 - 16.)



KUVA 4. Prosesseihin perustuvan laadunhallintajärjestelmän malli (SFS-EN ISO 9001. 2008, 10)

### 3.2 Laadunhallinta

Laadunhallinta on yrityksen toiminnan jatkuvaa kehittämistä. Hyvin toteutetulla laadunhallinnalla saadaan taloudellisten etujen lisäksi vähennettyä virheitä ja varastoja, lisättyä joustavuutta ja ylläpidettyä asiakastyytyväisyyttä. ISO 9000-standardissa laadunhallinnalla tarkoitetaan koordinoituja toimenpiteitä organisaation suuntaamiseksi ja ohjaamiseksi laatuun liittyvissä asioissa. Standardin laadunhallintaohjeiston taustalla ovat kansainvälisesti hyväksytyt laadunhallinnan periaatteet. Perusolettamuksena lähdetään siitä, että laadunhallinta tulee

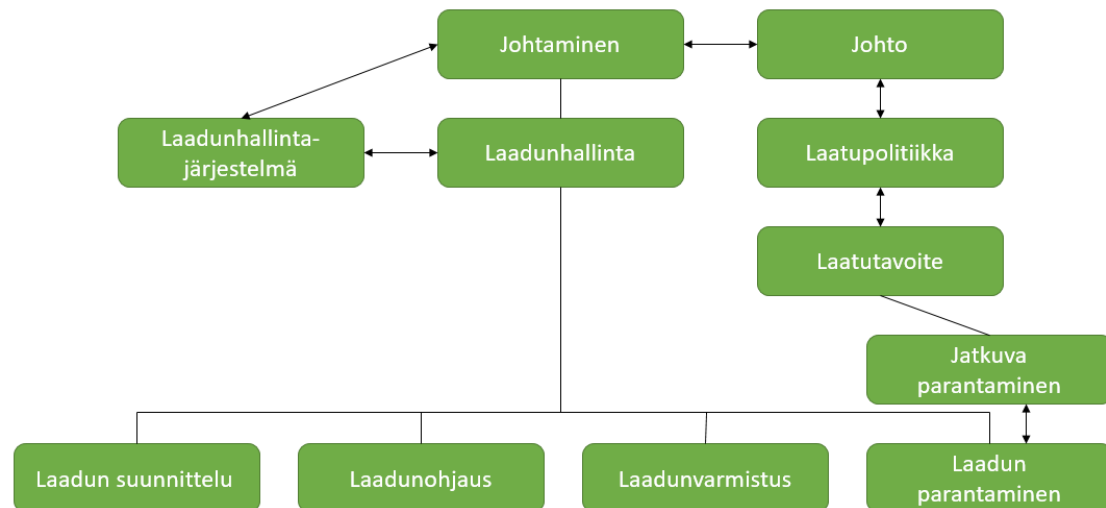
ottaa mukaan osaksi kokonaisvaltaista organisaation johtamista. (Lecklin 2006, 27 - 30.)

Tehokkaaseen laadunhallintaan tarvitaan laadunhallintajärjestelmä, jonka avulla ohjataan organisaatiota laatuun liittyvissä asioissa. Laadunhallinnan kahdeksan periaatetta muodostavat perustan ISO 9000 -laadunhallintajärjestelmälle. Nämä periaatteet on esitelty taulukossa 1. Laadunhallinnan periaatteissa korostuu asiakaskeskeisyys, sillä yritystoiminta perustuu asiakastarpeisiin. (SFS-EN ISO 9000. 2005.)

*TAULUKKO 1. Laadunhallinnan kahdeksan periaatetta (SFS-EN ISO 9000. 2005)*

- 
1. Asiakaskeskeisyys
  2. Johtajuus
  3. Henkilöstön sitoutuminen
  4. Prosessimainen toimintamalli
  5. Järjestelmällinen johtamistapa
  6. Jatkuva parantaminen
  7. Tosiasioihin perustuva päätöksenteko
  8. Molempia osapuolia hyödyttävät toimittajasuhteet
- 

Laadunhallinta sisältää laadun suunnittelun, laadun varmistuksen, laadun ohjaamisen ja laadun parantamisen. Laadunhallinnan tukena ISO 9001 -sertifioituilla organisaatioilla on tukena laadunhallintajärjestelmä. Kuvassa 5 on esitelty laadunhallinnan toimintojen suhteita. (SFS-EN ISO 9000. 2005.)



KUVA 5. Laadunhallinnan rakenne (SFS-EN ISO 9000. 2005)

### 3.2.1 Laadun suunnittelu

Laadun suunnittelussa on tavoitteena määrittää tarvittavat prosessit ja niihin liittyvät resurssit laatutavoitteiden saavuttamiseksi. Laadun suunnittelun tulisi perustua ennalta suunnitellun laatutason saavuttamiseksi määriteltyjen prosessien noudattamiseen ja virheiden ennaltaehkäisyyn. Laadun suunnittelussa huomioidaan asiakaskohtaiset vaatimukset ja niiden tuloksena syntyy tuotteelle laatusuunnitelma. Laatusuunnitelma on organisaation sisäiseen käyttöön tarkoitettu spesifikaatio, jossa on määritelty kunkin tuotteen toteuttamiseksi tarvittavat toiminnot ja resurssit. (Johdanto laadunhallinnan ISO 9000 -standardeihin.)

### 3.2.2 Laadunvarmistus

Laadunvarmistuksessa keskitytään antamaan luottamus siihen, että laatuvaatimukset tullaan täyttämään. Laadunvarmistus sisältää kaikki suunnitellut ja järjestelmälliset toimenpiteet, joilla varmistetaan tuotteen laatuvaatimusten toteutuminen. Asiakkaan luottamuksen saavuttamiseksi tulee määritellä selkeästi toimitettavien tuotteiden laadunvarmistusmenetelmät. Laadunvarmistusmenetelmistä voidaan sopia erikseen räätälöidyllä sopimuksella tai 9001:n mukaisella standardimallilla. (Johdanto laadunhallinnan ISO 9000 -standardeihin.)

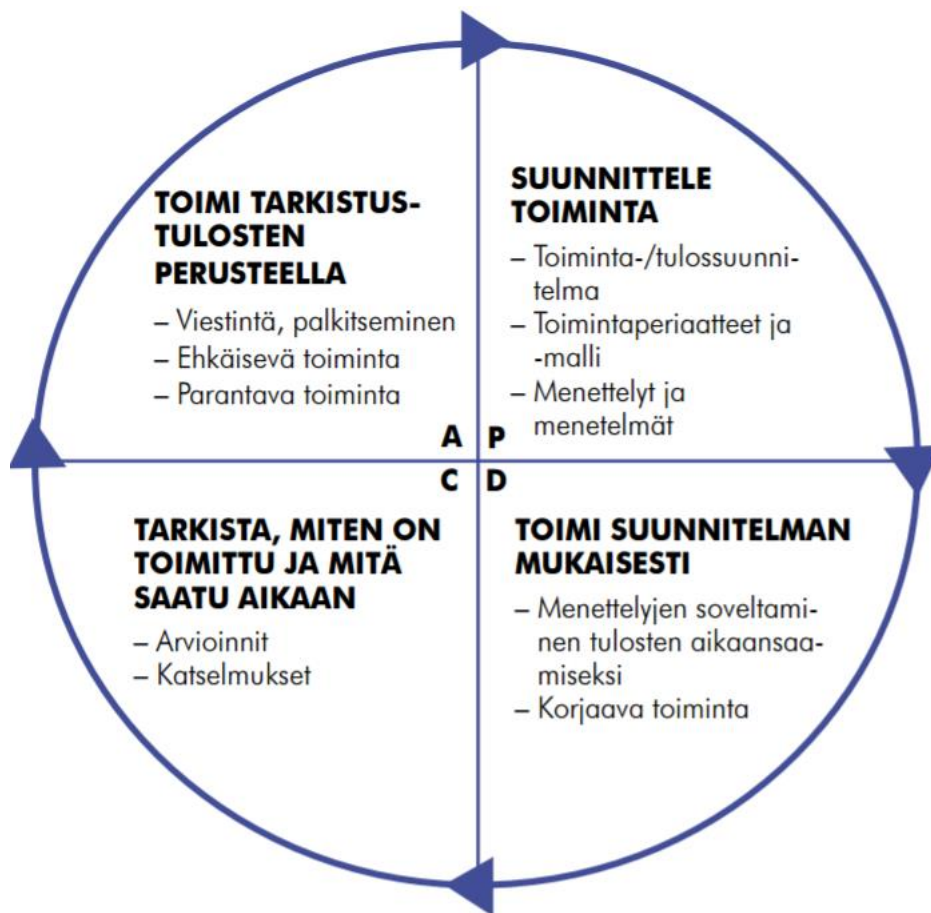
### **3.2.3 Laadunohjaus**

Laadunohjauksella pyritään saavuttamaan haluttu laatu. Laadunohjaus keskittyy ensisijaisesti laadun ylläpitoon ja ohjaukseen. Operatiivisten avainprosessien stabiilisuus pyritään varmistamaan arvioimalla prosessin suorituskykyä vertaamalla sitä tavoitteeseen ja merkittävien poikkeumien ilmaantuessa määritetään korjaavat toimenpiteet. (Johdanto laadunhallinnan ISO 9000 -standardeihin.)

### **3.2.4 Laadun parantaminen**

Laadun parantamisella tarkoitetaan sitä osaa laadunhallinnasta, jossa keskitytään parantamaan organisaation kykyä täyttää laatuvaatimukset. Laadun parantaminen on toimintoja, joilla pyritään tehostamaan toimintoja ja prosesseja, yrityksen oman ja asiakkaiden hyödyn lisäämiseksi (Johdanto laadunhallinnan ISO 9000 -standardeihin.) Demingin PDCA-kehityssykli on prosessikohtaisen parannuksen perustyökalu, jonka avulla voidaan hioa prosesseja noudattamalla neljää vaihetta. Kuvassa 6 on esitelty Demingin kehän vaiheet. Sykli alkaa prosessin suunnittelulla, jossa määritellään tavoitteet, vaadittavat tehtävät ja resurssit. Tee-vaiheessa toimitaan suunnitelman mukaisesti. Tarkistus-vaiheessa tarkastellaan tuloksia. Tuloksien perusteella pohditaan, miten on toimittu ja mitä on saatu aikaan. Viimeisessä toiminta-vaiheessa analysoidaan tuloksia ja kehitetään toimintoja tarvittaessa. (Laatuakatemia 2010.)





KUVA 6. PDCA-malli (Anttila & Kajava 2006)

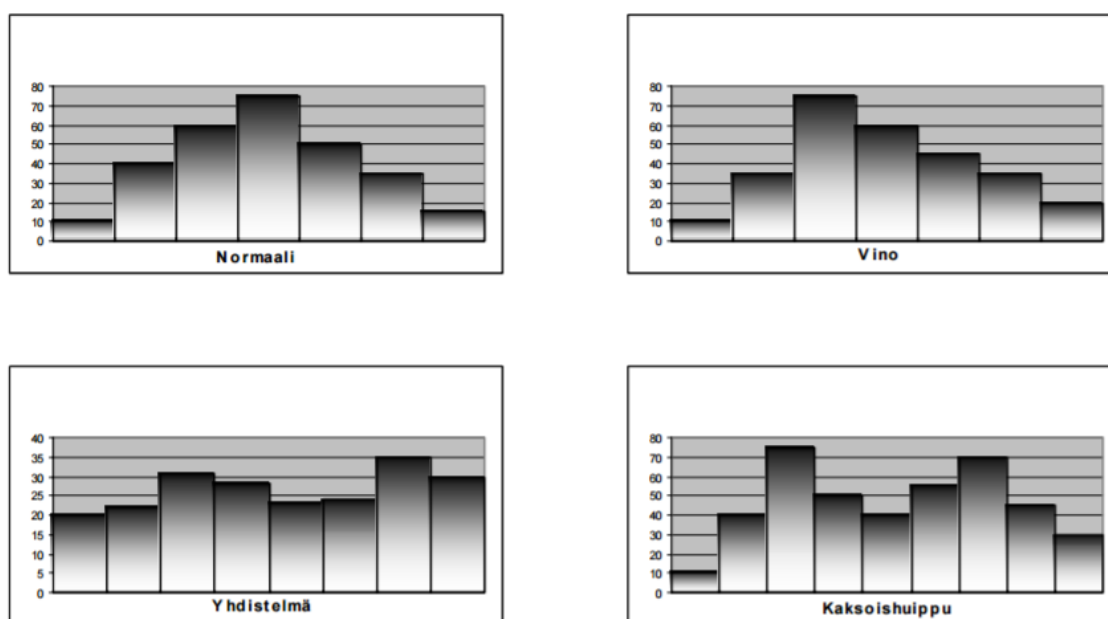
### 3.3 Laatutyökalut

Laatutyökalut ovat yleensä matematiikkaan perustuvia välineitä, jotka on kehitetty prosessin säätämiseen ja tutkimiseen. Työkalujen avulla voidaan kuvata ongelmaa ja tarkastella eri prosesseja. Virallisia standardeja laatutyökaluille ei ole, vaan vakiintuneet ja yrityskohtaiset ohjeet luovat pohjan näille työkaluille. (Laatuakatemia 2010.)

Laatutyökaluista tunnetuin on seitsemän laatutyökalua, jonka muodostavat histogrammit, syy-seurausanalyysi, tarkastuskortit, Pareto-kuvaaja, kuviot ja käyrät, valvontakortit ja hajontakortit. Muita yleisiä menetelmiä on aivoriihi, viisi kertaa miksi ja 5S. Laatutyökaluja on käytettävä rehellisesti tavoitteena kokonaisuuden laatu-kustannustehokkuuden lisääminen. (Salomäki 2003, 338 - 339.)

### 3.3.1 Histogrammi

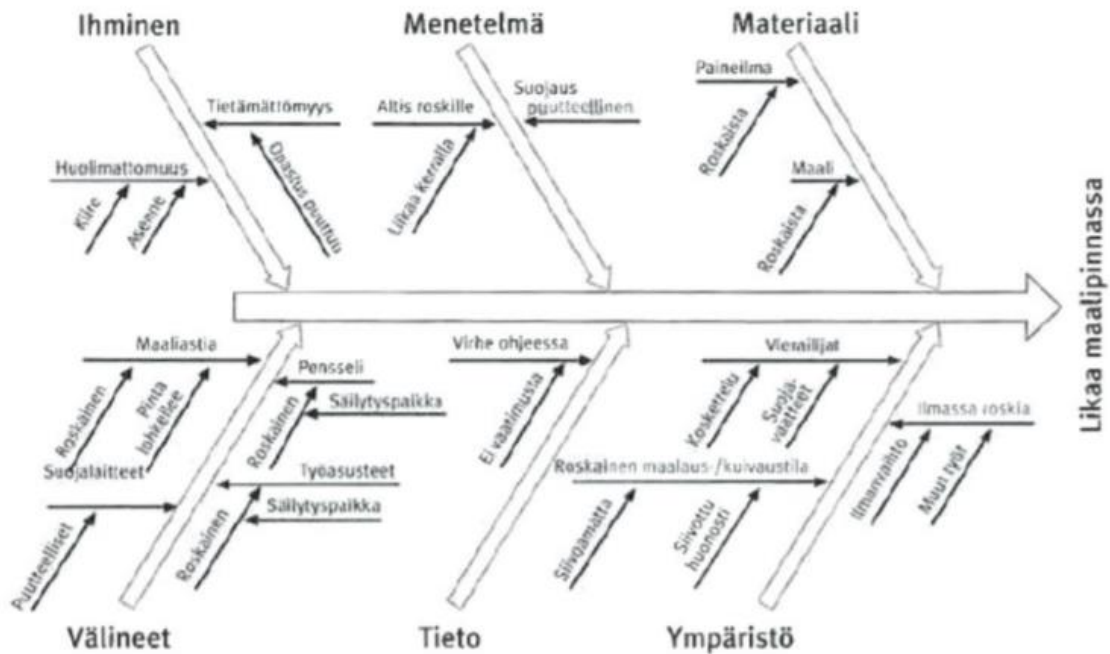
Histogrammilla kuvataan mittaustulosten määrää valituilla jakoluokilla. Kuhunkin luokkaan osunut mittaustulos kasvattaa pylväskuvaajan pituutta. Pylväät piirretään vierekkäin, jotta tyhjät luokat erottuvat selkeästi. Kuva 7 osoittaa, miten kuvaajasta nähdään, mikä luokka on saanut eniten mittaustuloksia ja millainen jakauma on. (Salomäki 2003, 339; Lecklin 2006, 176.)



KUVA 7. Histogrammin muodot (Andersson – Tikka 1997, 62)

### 3.3.2 Syy-seurausanalyysi

Syy-seurausanalyysin, tunnetaan myös nimellä kalanruotokuvio ja Ischikawa-kaavio, tavoitteena on saada seuraukselle mahdollisimman monta syytä. Syy-seurausanalyysi pyrkii tunnistamaan epäselvien häiriöiden perussyitä. Analyysi syntyy, kun ensin kirjataan ongelma. Tämän jälkeen piirretään ”selkäruoto”. ”Selkäruodon” poikkiruodot muodostavat ongelman perussyitä. Seuraavaksi kirjataan ongelmat, jotka liittyvät näihin perussyihin, ja lopuksi kirjataan syitä, miksi nämä ongelmat syntyvät. Analyysi helpottaa ongelman havainnollistamista. (Salomäki 2003, 346 - 348.)



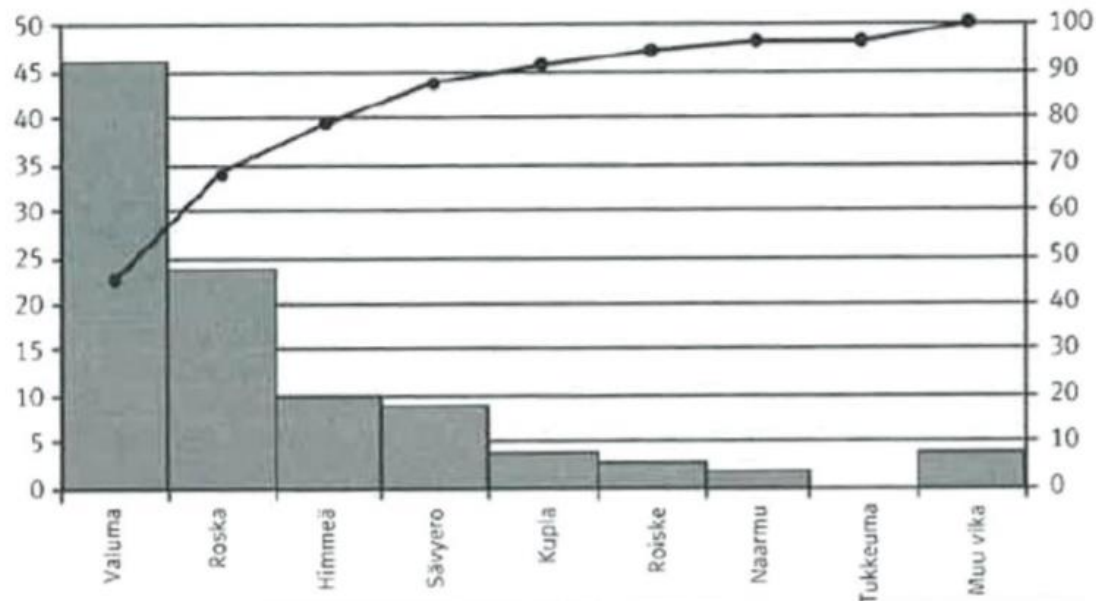
KUVA 8. Syy-seurausanalyysi (Salomäki 2003, 348)

### 3.3.3 Tarkastuskortti

Tarkastuskortti on yksinkertaisimmillaan tukkimiehen kirjanpitoa, kun havainnot luokitellaan eri luokkiin. Tarkastuskorttia voidaan käyttää esimerkiksi seurattessa jonkin prosessin ongelmatilanteita. Kortin hyödyllisyys riippuu siitä, kuinka pitkälle havainnot on jaoteltu. (Salomäki 2003, 348 - 349)

### 3.3.4 Pareto-kuvaaja

Pareto-kuvaaja on yhdistelmä histogrammista ja tarkastuskortista. Kuvaajassa havainnot jaetaan eri luokkiin ja järjestellään suuruusjärjestykseen vasemmalta oikealle. Vähiten havaintoja saaneet voidaan yhdistää ryhmäksi "muut" ja sijoittaa viimeiseksi. Pareto-kuvaajaan voidaan liittää kumulatiivista kertymää osoittava viiva ja sille oma asteikko oikeaan reunaan 0 – 100 prosenttiin, minkä avulla voidaan suoraan nähdä viiden suurimman ryhmän osuus havainnoista. (Salomäki 2003, 350 - 351.)



KUVA 9. Pareto-kuvaaja ja kumulatiivinen käyrä (Salomäki 2003, 352)

### 3.3.5 Vuokaavio

Vuokaaviota käytetään pääsääntöisesti kuvaamaan esimerkiksi prosessin etenemistä nuoliviivojen ja symbolien avulla. Kaavion avulla kuvataan yksinkertaisesti ja yksityiskohtaisesti asioiden kulku. Symbolit kuvaavat erilaisia tapahtumia ja nuoliviivat asioiden siirtymistä. Kuvauksen yksinkertaisuus ja havainnollisuus ovat tärkeitä vuokaaviota luodessa, koska sen tarkoitus on selventää tapahtumien kulkua ja mahdollistaa turhien vaiheiden löytämisen prosessista. (Salomäki 2003, 353 - 355.)

### 3.3.6 Hajontakaavio

Hajontakaavion on tarkoitus osoittaa, onko kahden prosessimuuttujan välillä riippuvuutta. Kuvaajan x- ja y-akseleille merkitään muuttujat ja koordinaatistoon näiden havaintopisteet. Muuttujien välillä ollessa riippuvuutta, arvot muuttuvat samanaikaisesti toisen muuttujan arvojen muuttuessa. Kaavion avulla saadaan luotua visuaalinen kuva, josta nähdään helposti muuttujien suhde toisiinsa. Muuttujien arvot voivat laskea (negatiivinen korrelaatio) tai kasvaa (positiivinen korrelaatio) samanaikaisesti. (Lecklin 2006, 178 - 179.)

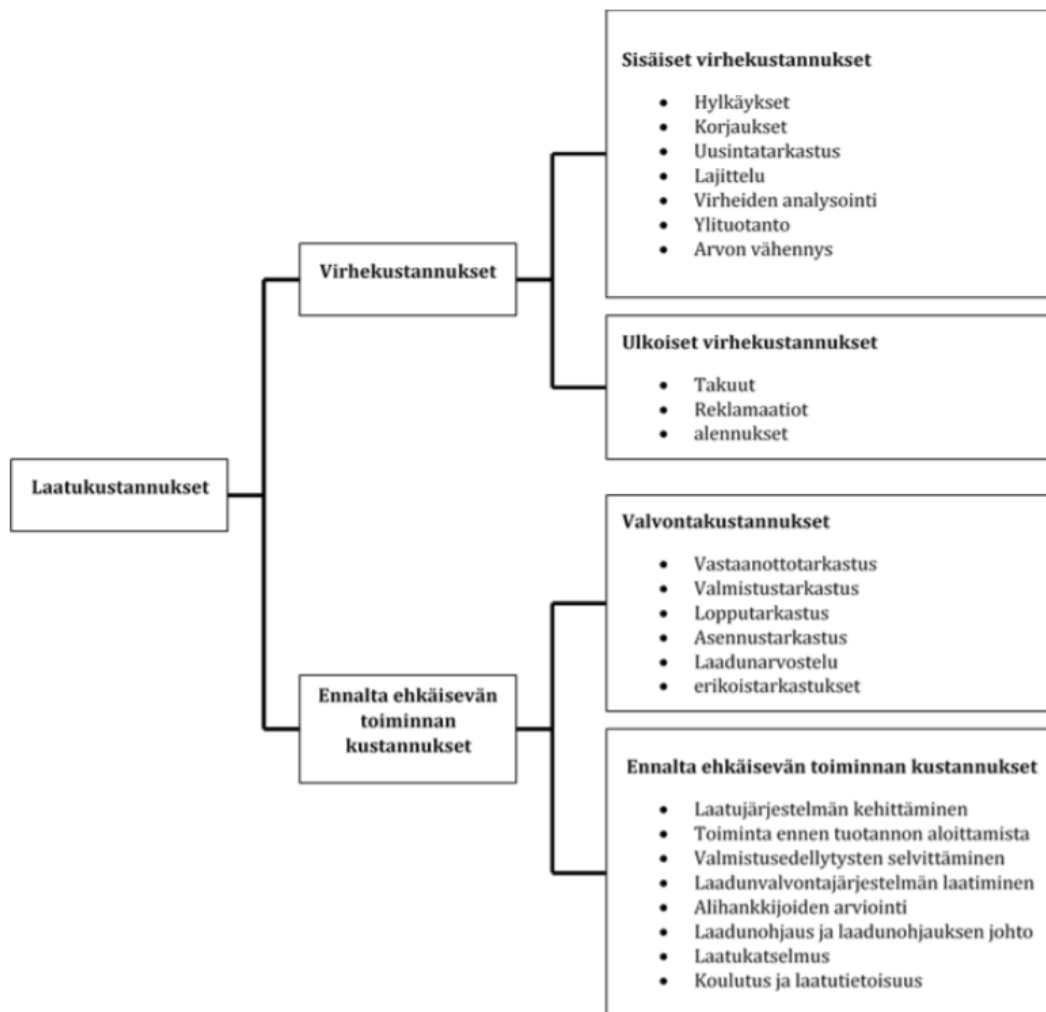
### **3.3.7 Valvontakortit**

Valvontakortti on tilastollisen prosessinohjauksen päätyökalu. Valvontakortin käyttö edellyttää SPC:n tuntemista ja soveltamista. Valvontakorteilla pyritään luomaan luotettava ja havainnollinen analysointi prosessin tilasta. Kortin tärkein ominaisuus on erottaa prosessin normaali vaihtelu erityisyydestä johtuvasta häiriöstä. (Salomäki 2003, 356.)

### **3.4 Laatukustannukset**

Laatukustannukset ovat kustannuksia, jotka syntyvät, kun yritys pyrkii varmistamaan tuotteidensa asiakaskelpoisuuden. Laatukustannukset koostuvat kaikista niistä kustannuksista, jotka syntyvät kun asioita ei tehdä kerralla valmista -periaatteen mukaisesti. Kustannuksia syntyy pääasiallisesti virheiden tekemisestä, niiden etsimisestä ja korjaamisesta. Terminä laatukustannus on virheellinen, koska laatu itsessään ei maksa mitään, ainoastaan huono laatu maksaa. (Andersson – Tikka 1997, 31.)

Laatukustannukset jaetaan perinteisesti PAFF-mallin mukaisesti, jossa kustannukset on jaettu kuvan 10 mukaisesti neljään eri osaan. PAFF-mallissa neljä eri kohtaa ovat prevention eli ennaltaehkäisevän toiminnan kustannukset, appraisal eli tarkastustoiminnan kustannukset, internal failure eli sisäiset kustannukset ja external failure eli ulkoiset virhekustannukset. (Campanella 1999, 4 - 5.) Kahdessa ensimmäisessä kohdassa on kyse laadunvarmistamisesta. Virhekustannuksia ovat kaikki sellaiset kustannukset, jotka ilmenevät virheen löytyessä. Sisäiset virhekustannukset näkyvät, kun virhe löytyy tuotantojärjestelmän sisällä ja ulkoiset virhekustannukset tulevat virheistä, jotka tulevat esille asiakkaan käytössä. (Bergman – Klefsjö 2010, 65 - 67.)



KUVA 10. Laatukustannusten jaottelu (Neilimo – Uusi-Rauva 2001, 290)

Ennaltaehkäisevän toiminnan kustannuksia ovat valvontakustannukset ja ennaltaehkäisevän toiminnan kustannukset. Valvontakustannuksia syntyy, kun suoritetaan testejä, tarkastuksia tai muita suunnitelmallisia arviointeja, jotta voidaan määrittää vastaako tuote sille määritettyjä vaatimuksia (Pellinen 2006, 277). Valvontakustannukset aiheutuvat sellaisesta toiminnasta, jolla pyritään estämään virheellisten tuotteiden päätyminen asiakkaille (Campanella 1999, 5). Ennaltaehkäisevän toiminnan kustannuksilla pyritään saavuttamaan toivottu laatu-taso ja sen ylläpitäminen. Panostamalla ennakoitimenetelmiin, kuten suunnit-telu, kehittäminen ja koulutus, voidaan saavuttaa korkea laatutaso. (Neilimo – Uusi-Rauva 2009, 327.)

### 3.5 Outokumpu laaduntekijänä

Outokummun laatu politiikan perustana on täyttää asiakkaiden odotukset ja vaatimukset toimimalla laatuvaatimusten mukaisesti. Tavoitteiden saavuttamiseksi Outokumpu käyttää hyväksi tietoa, kokemusta ja osaamista yhteistyössä asiakkaan kanssa. Laaduntuottokyvyille on asetettu osastokohtaiset mittarit raja-arvoineen ja poikkeamiin pyritään reagoimaan nopeasti. Henkilöstön osaamisen kehittämisen ja koulutuksen lisäksi Outokumpu pyrkii jatkuvasti parantamaan omaa liiketoimintaa, menetelmiään, tuotteitaan ja teknologiaa vastaamaan asiakkaiden tarpeita. Outokummun toiminta perustuu ympäristö-, turvallisuus- ja laatu järjestelmiin, joita kehitetään jatkuvasti. (O'net.)

Outokumpu soveltaa ISO 9001:2015:n mukaista laadunhallintaa Outokummun Kemi-Tornio-Terneuzen kaikissa toiminnoissa. Laadunhallinnan tehtäviin kuuluu asiakaslaatuvaatimusten täyttymisen varmistamisen lisäksi varmistaa, että tuote täyttää lainsäädännön asettamat vaatimukset. Outokummun ylin johto varmistaa, että asiakkaille määritetyt laatuvaatimukset täytetään. Päämääränä on lisätä asiakastyytyväisyyttä. Outokumpu Stainless Oyn:n laatu käsikirja kuvaa laadunhallintaa soveltamisalanaan yleisesti ruostumattomien litteiden terästuotteiden valmistus. (O'net.)

Outokummulla toimii oma laatuosasto, johon kuuluvat laadunohjaus, laadunvalvonta ja laadunkehitys. Laatuosasto huolehtii tuotteiden testaus- ja tarkastustoiminnasta, jotka pohjautuvat standardeihin ja asiakasvaatimuksiin. Näillä toiminnoilla taataan, että vaatimukset täyttyvät ja jokaisesta tuotteen toimituserästä annetaan aine todistus. Osaston toimialueeseen kuuluvat

- laatu järjestelmä ISO 9001 ylläpito ja toiminnan kehittäminen
- auditointien koordinointi
- tekninen tilausten tarkastus
- uusien tuotteiden ja tuotteiden muutosten lisääminen
- myynnin pelisääntöjen hallinnointi
- aine todistusten toimitus tilauksille
- laatu tilastoinnin ja laatu työkalujen kehitys
- erillishyväksyntöjen ja tarkastusten järjestäminen

- standardisoinnin seuraaminen tuotestandardin osalta
- osallistuminen laatuohjausryhmien toimintaan
- tuotteiden testaus ja ohjaaminen. (O'net.)

Asiakaspalautetta ja laatutilannetta käsitellään johdon katselmuksissa ja kuukausipalavereissa. Asiakaspalvelun ylläpitämät asiakasspesifikaatiot siirretään tuotantoprosessiin valmistusohjeina. Asiakasvaatimusten täyttymistä seurataan jatkuvasti. (O'net.)



## 4 TILASTOLLINEN PROSESSINOHJAUS SPC

SPC (Statistical Process Control) on käytännössä vakiintunut tapa toteuttaa prosessin laadunvalvontaa. SPC tarkoittaa laajasti tulkittuna menetelmiä, joilla saadaan tilastollista pohjaa prosessin ohjaamiseen liittyvälle päätöksenteolle. Tilastollisten työkalujen avulla voidaan tehdä luotettavia ja todistettavia johtopäätöksiä tutkittavasta asiasta. Prosessin tilastollisella valvonnalla voidaan seurata annettujen tehtävien suorituskykyä ja sen muutoksia. Tilastollisina voidaan pitää kaikkia menetelmiä, joissa havaintoja käsitellään joukkona, eikä päätöksiä tehdä yksittäisten havaintojen perusteella. SPC on yksi laadunvarmistuksen työkaluista. (Salomäki 2003, 165 - 167.)

SPC:n idea lähtee siitä, että prosessissa on olemassa yleisiä ja erityisiä syitä. Huono prosessi ei kehity, jos jokaisen virheen perusteella säädetään prosessia. Prosessia tulee säätää vaihtelun keskiarvon mukaan ja sen suorituskykyä mitata vaihtelun leveyden avulla. Vaihtelun ollessa liian suuri, on prosessia kehitettävä. Erityisyyt tulee tutkia yksittäistapauksina ja poistaa ne tekemättä muita muutoksia prosessiin. (Salomäki 2003, 165 - 167.)

Tilastollinen prosessinohjaus tuo mukanaan erilaisia käsitteitä ja lyhenteitä, jotka on hallittava. Osa näistä on vakiintunutta matemaattista käsitteistöä. Osalle sanoista ei ole olemassa suomenkielisiä vastineita. (Salomäki 2003, 178.)

### 4.1 Perusjoukko, alkio

Perusjoukko tarkoittaa koko tutkittavaa joukkoa. Esimerkiksi valmistuneet ja tulevaisuudessa valmistettavat samanlaiset tuotteet muodostavat perusjoukon, populaation. Alkio on yksittäinen perusjoukon osa. (Salomäki 2003, 178.)

### 4.2 Näyte, näyte-erä

Näyte-nimitystä käytetään yksittäisestä tuloksesta ja yhdessä käsiteltäviä näytteitä kutsutaan näyte-eriksi. Prosessissa ei tehdä johtopäätöksiä yksittäisten näytteiden perusteella, vaan on kerättävä useampia näytteitä ennen tilastollista

tarkastelua. Näyte-erä voi käsittää yhden tai jopa tuhansia näytteitä. (Salomäki 2003, 178 - 179.)

### **4.3 Keskiarvo**

SPC:ssä käytetään yleensä aritmeettista keskiarvoa, joka saadaan laskemalla kaikki mittaustulokset yhteen ja jakamalla summa yhteenlaskettujen tulosten lukumäärällä. Keskiarvosta käytetään eri tapauksissa eri merkkiä sen mukaan, millaisen erän keskiarvoa tarkoitetaan. (Salomäki 2003, 179.)

### **4.4 Vaihteluväli**

Vaihteluväli  $R$  tarkoittaa havaintoaineiston suurimman ja pienimmän tuloksen välistä erotusta. Vaihteluväliä kuvaava luku on aina nolla tai suurempi positiivinen luku. (Salomäki 2003, 180.)

### **4.5 Keskihajonta**

Keskihajonta on matemaattisesti määritelty tunnusluku, joka ilmaisee tulosten leviämisen keskiarvonsa molemmin puolin. Suuri keskihajonta tarkoittaa, että tulokset hajaantuvat laajemmalle alueelle. Mikäli koko perusjoukkoa ei voida mitata, joudutaan tyytymään rajalliseen määrään mittauksia ja niiden perusteella estimoimaan hajontaa. Keskihajonta lasketaan tällöin näyte-erästä. (Salomäki 2003, 180.)

### **4.6 Mediaani**

Mediaani on suuruusjärjestykseen asetettujen arvojen keskimäinen, kun havaintoja on pariton määrä. Parillisen määrän mediaani on kahden keskimäisen arvon keskiarvo. Mediaania käytetään yleensä vinoissa jakaumissa ja sellaisten jakaumien yhteydessä, joilla on suuri hajonta. (Heikkilä 2001, 84.)

## 5 KUUMAVALSSAAMON LAADUNHALLINTA

Kuumavalssaamon materiaalia seurataan QMATO-tietojärjestelmässä. Teräsulaton ja kuumavalssaamon tehdasjärjestelmällä hoidetaan tuotantotietojen keruu ja raportointi. Valvomoissa olevilla tietokoneilla on yhteys erilaisiin tietokantoihin, esimerkiksi laatukäsikirjaan. Kuumavalssausohjeet siirretään automaattisesti valssaukseen ja valssaustulokset saadaan prosessitietokoneelta tehdasjärjestelmään. On-line-raportointi mahdollistaa kylmävalssauksen optimoinnin ja tarjoaa perusteellista laadunohjaustietoa. (O'net.)

Prosessin ajo- ja valvontatiedoista saadaan tietoa poikkeamista liittyen lähinnä teräsnauhan mittoihin ja pinnanlaatuun. Laadunohjaus ilmoittaa säännöllisesti kuumanauhojen pinnantarkastustulosten yhteenvedon kuumavalssaamolle. Mitäpoikkeamia seurataan myös säännöllisesti. Kuumavalssaamolla romutetuista aihioista ja nahoista raportoidaan erikseen. (O'net.)

### 5.1 Pilottirullakäytäntö

Pilottirullakäytäntö toimii osana kuumavalssaamon laadunohjausta. Tavoitteena on nopeuttaa kuumavalssaamon laatupalautetta, jotta poikkeamatapauksissa voidaan määrittää korjaavat toimenpiteet mahdollisimman nopeasti ja vähentää laatuvirheitä. Pilottirullien käsittelyyn on kirjattu erikoisohje Lotus Notesin laatukäsikirjaan.

Pilottirulla otetaan jokaisessa vuorossa ajoon HP1 tai HP3 linjalle. Pilottirullaa valittaessa tulee ottaa huomioon, että

- pilottirullan tulee olla valmistelematon rulla
- pilottirullan valmistumisesta kuumavalssaamolla on kulunut mahdollisimman vähän aikaa
- rulla otetaan mahdollisimman nopeasti ajoon hehkutus- ja peittäuslinjalle
- rullan tulee olla mieluiten täysileveä. (Lotus Notes.)

Pilottirulla tulee ohjelmoida mahdollisimman nopeasti ajoon käsittelylinjojen vuorotyönjohtajan toimesta. Mikäli pilottirullaa ei voida ajaa materiaalipulan tai huol-

toseisakin vuoksi, tulee ottaa yhteys kuumavalssaamon vuorotyönjohtajaan. Pilottirullaa ohjelmoitaessa esihehkutukseen tulee OTO-näytölle lisätä huomautus "E-060 pilottirulla". (Lotus Notes.)

Linjan operaattorien tulee soittaa kuumavalssaamon vuoromestarille ja kiertävälle tarkastajalle, kun pilottirulla on 10 minuutin päässä tarkastuspisteestä. Kuumavalssaamon vuorotyönjohtaja tulee tarkastamaan nauhan yhdessä kuumavalssaamon prosessioperaattorin kanssa, mikäli se on mahdollista kuumavalssaamon käytön kannalta. Kuumavalssaamon edustajien ollessa estyneitä saapumaan paikalle, mahdollisista kuumavalssausperäisistä pintavirheistä tulee ilmoittaa soittamalla kuumavalssaamon vuoromestarille. Ilmoituksessa tulee kertoa mitä virhettä on havaittu sekä virheen sijainti. Sijaintia määriteltäessä on tärkeää kertoa, onko virhettä ylä- vai alapinnalla, mikä on virheen etäisyys reunasta ja mikä mahdollinen virheväli. Pilottirullien tarkastustiedot kirjataan normaalisti RETU-järjestelmään ja pilottirullien kohdalla on erikseen kirjattava "E-060 Pilottirulla". (Lotus Notes.)

Pilottirullien mahdolliset pintavirheet ja toimenpiteet virheiden poistamiseksi kirjataan kuumavalssaamon vuoromestarin toimesta Kuti-päiväkirjaan. Vuoromestarin tulee ilmoittaa kehitys- ja käyttöinsinöörille, mikäli hän epäilee, että pintavirhettä on mahdollisesti muissakin kuumanauhajakson rullissa. Tarvittaessa tulee ottaa yhteys tekniseen asiakaspalveluun, joka arvioi, voiko nauhat toimittaa asiakkaille. (Lotus Notes.)

### **Pinnantarkastus esihehkutuksessa**

Pinnantarkastus on prosessoidun tuotteen laadun todentamista. Kylmävalssaamon käsittelylinjoilla nauha tarkastetaan ensimmäisen kerran visuaalisesti ja nauhassa havaitut virheet kirjataan RETU-tietojärjestelmään. Virheiden voimakkuus, sijainti ja mahdollisen virhevälin kirjaaminen on erityisen tärkeää, jotta nauhalle voidaan määrittää mahdolliset korjaustoimenpiteet. Havaintojen perusteella nauhojen laatutaso luokitellaan käyttötarkoituskoodilla. (Lotus Notes.)

Pinnantarkastuksen tehtävänä on myös tuottaa tietoa ja kehittää laatutasoa. Tarkastuksen tuottamaa tietoa käyttävät hyödyksi mm. tuotannonsuunnittelu,

asiakaspalvelu ja tutkimuskeskus. Pinnalaadun tarkastamisella halutaan varmistaa asiakkaalle riittävän laadukas materiaali, jotta asiakas olisi tyytyväinen tuotteeseen. (O'net.)

## 5.2 Kuumavalssaamon laatuvirheet

Kuumavalssaamon jokaiselle laatuvirheelle on määritelty oma virhekoodi. Virhekoodit löytyvät laatukäsikirjasta. Kuumavalssaamon virhekoodit on eritelty taulukossa 2.

*TAULUKKO 2. Kuumavalssaamon virhekoodit*

Virhekoodi	Virhe
123	Tarttumisjälki
125	Kuumanauhan syöpymisläiskä
140	Esivalssin jäljet
142	Korkea Soaking Index
143	Reiät
145	Ruttu/virhe/leikkaamaton pää keula
146	Ruttu/virhe keskiosa
147	Ruttu/leikkaamaton pää häntä
148	Karkea naarmumainen reuna-alue
149	Naarmumainen aihion reunajälki
150	Painumat, vaot
152	Naarmut
153	Kelausnaarmut
154	Tärinäjälki
155	Kuoret
156	Kuumavalssaussäppylät
157	Karheus
158	Paksuuspoikkeama
159	Tasomaisuus
160	Kiinnivalssautunut hilse
161	Reunarepeämä
162	Reunalanka
163	Pääniskemä
164	Reunataite
165	Palonjälki valssissa
166	Kuromma
168	Profiilipoikkeama
169	Teleskooppisuus

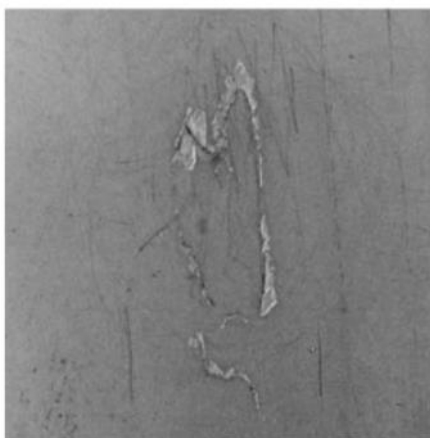
*(jatkuu)*

## TAULUKKO 2. (jatkuu)

172	Löysä kelaus
174	Käyrä keula
175	Käyrä häntä
178	Leveyspoikkeama
180	Läiskät kupu-uunista
190	Sidonta puutteellinen
191	C-koukku
192	Ei jäähdytetty
193	Aihion pituustarkastus
194	Nauhan painon tarkastus
195	Esinauharomu
196	Sm-romu
197	Fx-romu
198	Nk-romu

### 5.2.1 Kuumavalssaamon painuma

Kuumavalssaamon painumaa merkitään virhekoodilla 150. Pienet painumat näkyvät valssauksen jälkeen mustina koloina tai silmuina. Isommat painumat näkyvät kuorimaisina jälkinä tai reikinä. Kuumavalssaamon painumia ei voida havaita silmämääräisesti kuumavalssausprosessissa. SIS-laitteisto pystyy tunnistamaan joissakin tapauksissa painumat. Painumien syntypaikkoja ovat etuvalssaimen rullarata, etuvalssain, välirullarata, puristusrulla 3, F5, F6, F7 ja kelain. (O'net.)

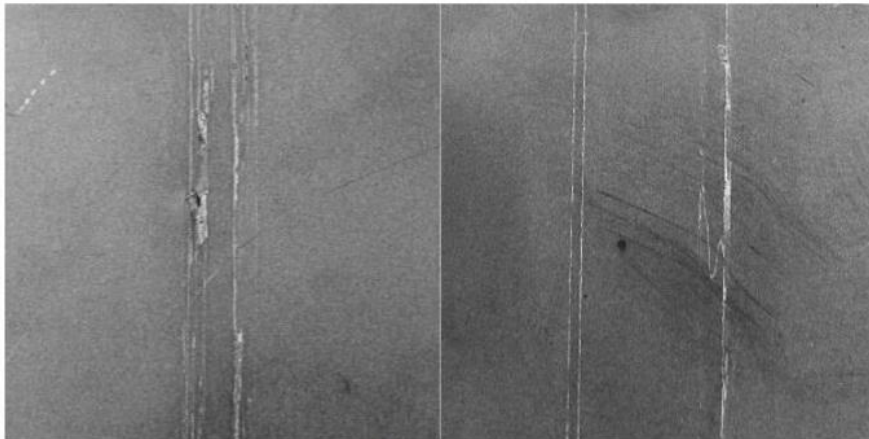


KUVA 10. Kuumavalssaamon painuma (O'net)

Etuvalssainalueella painumaa voi syntyä valssiin tai rullaratarullan pintaan jääneestä materiaalista tai kohoumasta. Romutus saattaa aiheuttaa rullaradan rullaan roiskeita aiheuttaen nauhaan painumia. Nauhaan voi syntyä painaumia myös valssaimesta irronneiden likapartikkeleiden ja puristusrullien pintavirheidensä seurauksena. (O'net.)

### 5.2.2 Kuumavalssaamon naarmu

Kuumavalssaamon naarmua merkitään virhekoodilla 152. Kuumavalssaamon naarmu voidaan erottaa käsittelylinjojen naarmusta naarmun pohjalle jääneistä hilsejäämistä. Kylmänauhassa kuumavalssaamon naarmu esiintyy yleensä kahdena kapeana naarmuna rinnakkain (kuva 12). Kuumavalssaamon naarmua voidaan yrittää poistaa korjaushionnalla. Naarmua syntyy yleensä uunirullaradalla, etuvalssaimen rullaradalla, etuvalssaimella, välirullaradalla, tandemin valssituoleilla, romuleikkurilla, jäähdytysrullaradalla ja kelaimella. (O'net.)



*KUVA 11. Kuumavalssaamon naarmu (O'net)*

Etuvalssaimen rullaradalla naarmua syntyy nauhan ja muun materiaalin välisen terävän hankauksen seurauksena. Naarmua voi aiheuttaa rullien kaikki ulkoneumat, pyörimätön tai väärään suuntaan pyörivä rulla, vapaasti pyörivä rulla, rullien väliset nopeuserot sekä nauhan ja rullan välinen nopeusero. Etuvalssaimen rullaradan aiheuttamia naarmuja voidaan ehkäistä tarkistamalla rullaradan kuntoa ja puhtautta säännöllisesti. (O'net.)

Etuvälssaimella naarmua voi aiheuttaa kaikki nauhaan hankaavat ulkonemat, kuten kitaan jääneet romut, pesän ylimääräinen materiaali kuten lika, pystyvalssainten välissä oleva pöytärollapaketti ja polttoleikkauskone 1:n romukipossa olevat romut. Näiden lisäksi kääntöpöydän rullien jumiintumiset sekä nauhan ja välssin nopeuserot voivat aiheuttaa naarmua. Etuvälssainten aiheuttamia naarmuja voidaan välttää tarkastamalla välssaimen puhtaus. (O'net.)

Nauhavalssaimella naarmua voivat aiheuttaa rullaratarullat paksuusmittarilla, ulkonemat rakenteissa sekä nauhan ja välssin väliset nopeuserot. Jäähdytyksen pettäminen tai viallinen laakeripesä aiheuttaa myös taittorullien ja rullaratarullien jumiutuessa naarmua nauhaan. Naarmujen ehkäisemiseksi nauhavalssaimella on suoritettava useita tarkastuksia laitteiston kunnon ja puhtauden osalta. (O'net.)

### **5.2.3 Kunnossapidon vaikutus laatuvirheisiin**

*Tätä lukua ei esitellä julkisessa opinnäytetyöversiossa, mutta se on esitelty yritykselle tehtävässä loppuraportissa.*



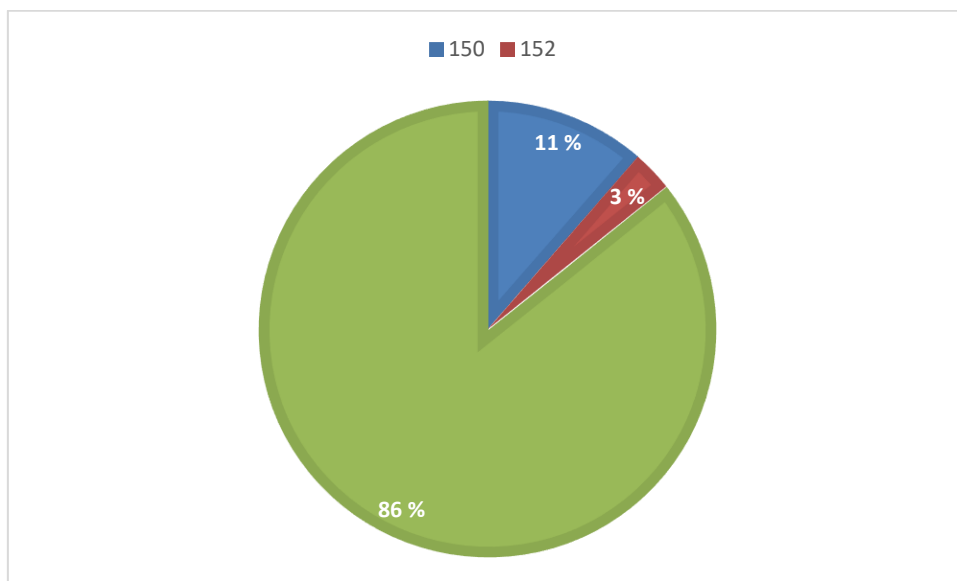
## 6 PINNANLAADUN TODENTAMINEN ESIHEHKUTUKSESSA

Työssä tutkittiin kuumavalssaamon laaduntuottokykyä seuraamalla pilottirullakäytännön toimivuutta osana kuumavalssaamon laadunohjausta. Pilottirullakäytännön toimivuutta arvioitiin tutkimalla ensin esihehkutuslinjojen kykyä todentaa kirkkaiden kuumanauhojen pinnanlaatua. Testiajojen ja MELA-tietokannasta haettujen rullakohtaisten tietojen perusteella tutkittiin esihehkutuksen kykyä havaita pintavirheitä.

Tarkastelujakso sijoittui aikavälille 1.1. - 7.11.2016, ja siihen valikoituivat rullat, jotka oli ajettu Torniossa sekä esi- että loppuhehkutuksessa. Tarkasteltavia rullia oli XXX. Tarkastelussa verrattiin esi- ja loppuhehkutustietoja Excel-taulukkolaskentaohjelmassa. Tarkasteltaviksi virheiksi valikoitui kuumavalssaamon painumat ja naarmut. Työssä ei huomioitu virheiden peittoprosenttia nauhan pinta-alasta vaan tarkastelut tehtiin virhekoodimerkintöjen lukumäärän perusteella. Tarkastelussa huomioitiin tarkastajan merkinnät, jotka oli kirjoitettu RETU-järjestelmän QTH:lle.

Työssä tarkasteltiin myös havaittujen virheiden sijainnin merkitsemistä RETU-järjestelmään. Virheiden sijainnin merkitsemistä vertailtiin eri nauhaleveyksien kohdalla. Leveydet jaettiin kolmeen ryhmään: kapeisiin, keskileveisiin ja täysleveyisiin nauhoihin.

Kuvassa 13 on esitelty missä suhteessa kuumavalssaamon painumaa ja naarmua esiintyi tarkastelujaksolla ajetuissa nauhoissa. Kaaviokuvaan on huomioitu kaikki tarkastelujaksolla ajettut nauhat, joiden pintavirhetiedot löytyivät sekä esi- että loppuhehkutuksesta. Kaaviosta voidaan havaita, että kuumavalssaamon painuma ja naarmu muodostavat 14 prosenttia loppuhehkutuksessa havaituista virheistä.



KUVA 13. Painumien ja naarmujen esiintyminen tarkastelujakson nauhoissa

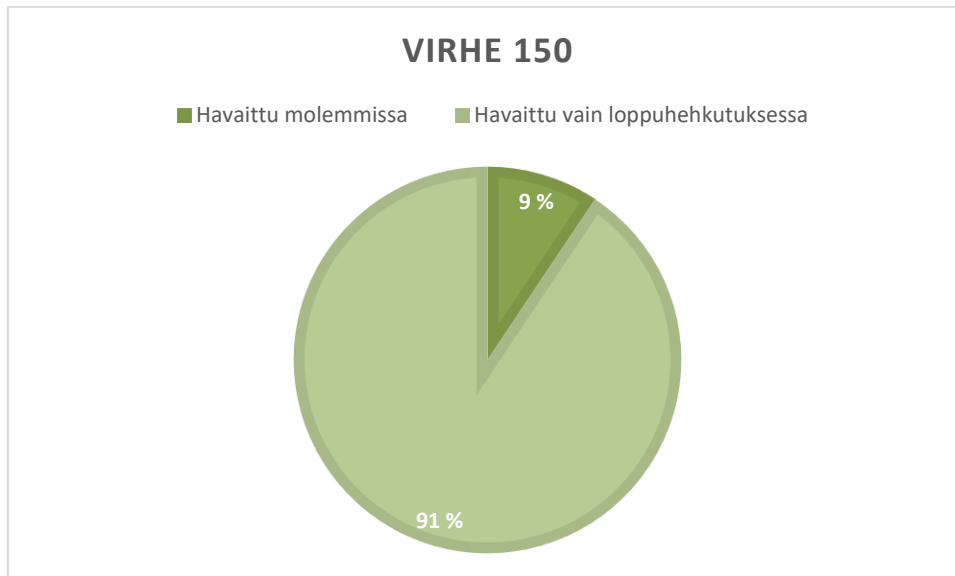
### 6.1 Kuumavalssaamon painuman havaitseminen

Kuumavalssaamon painumaa tutkittaessa ensimmäiselle mittapituudelle merkityt painumat jätettiin huomioimatta. Haastattelujen perusteella huomattiin, että ensimmäiselle mittapituudelle merkitään painumat vakiintuneena käytäntönä. Nämä painumat eivät kuitenkaan näy virhetilastoissa, sillä painumia ei merkitä merkitseviksi virheiksi. Taulukosta 4 nähdään, kuinka paljon tarkastelujaksolla esiintyi merkintöjä virheestä 150 QTH-näytölle kirjattuna esi- ja loppuvehkutuksessa. Taulukossa on esitelty virheelliseksi merkittyjen nauhojen osuus kaikista tarkastelujaksolla ajetuista nauhoista.

TAULUKKO 4. Havaittujen painumien prosentuaalinen osuus tarkastelujaksolla ajetuista nauhoista

Virheen merkinnät	Virheellisiä nauhoja (%)
Esihehkutus	5,2
Loppuhehkutus	11,4
Molemmissa	1,1
Vain loppuhehkutuksessa	10,2

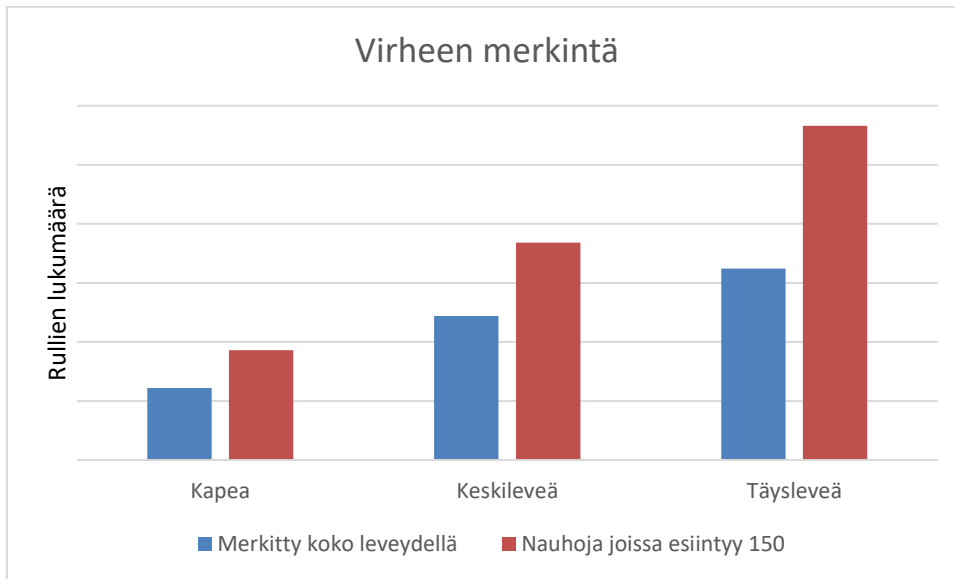
Kuvassa 14 on esitelty prosentuaalisesti, miten paljon virheitä, jotka ovat löytyneet loppuhehkutuksessa, on jäänyt löytymättä esihehkutuksessa. Kaaviokuvan mukaan suurinta osaa virheestä ei ollut löytynyt esihehkutuksen tarkastuksessa. Esihehkutuksessa löydettyistä virheistä kaikkia ei löytynyt myöskään loppuhehkutuksessa.



*KUVA 14. Esihehkutuksessa havaittujen painumien osuus kaikista loppuhehkutuksessa havaituista painumista*

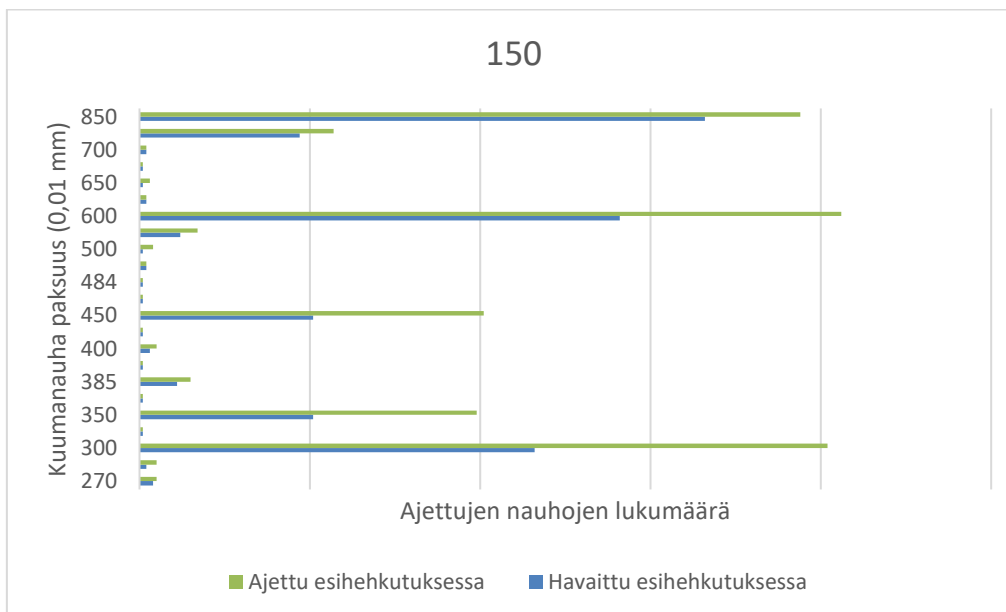
Virhettä 150 oli merkitty nauhan koko leveydelle 62,2 prosenttiin kaikista löydettyistä painumista. Virheväli painumille oli löydetty 8,2 prosenttiin löydettyistä virheistä. Virheväliä ei oltu löydetty nauhoihin joihin painuman sijainti oli merkitty koko leveydelle.

Kuva 15 esittää, miten virhettä 150 on merkitty esihehkutuksessa. Yli puoleen nauhoista oli kirjattu painuman sijaitsevan koko leveydellä. Näihin nauhoihin ei oltu kirjattu tarkempia tietoja virheestä. Täysleveissä nauhoissa oli merkitty hie-  
man tarkemmin virheen sijainti kuin kapeissa ja keskileveissä.



**KUVA 15.** Kuumavalssaamon painumien merkintä eri nauhan leveyksillä

Kuva 16 esittää, miten kuumavalssaamon painumia on havaittu esihehkutuksessa. Kuvasta voidaan havaita, että paksummista kuumanauhoista on löydetty esihehkutuksessa painumaa todennäköisemmin kuin ohuemmissa kuumanauhoista. Paksumpien kuumanauhojen ajonopeudet ovat hitaampia kuin ohuiden.



**KUVA 16.** Ajetut rullat paksuuskohtaisesti ja niistä havaitut painumat

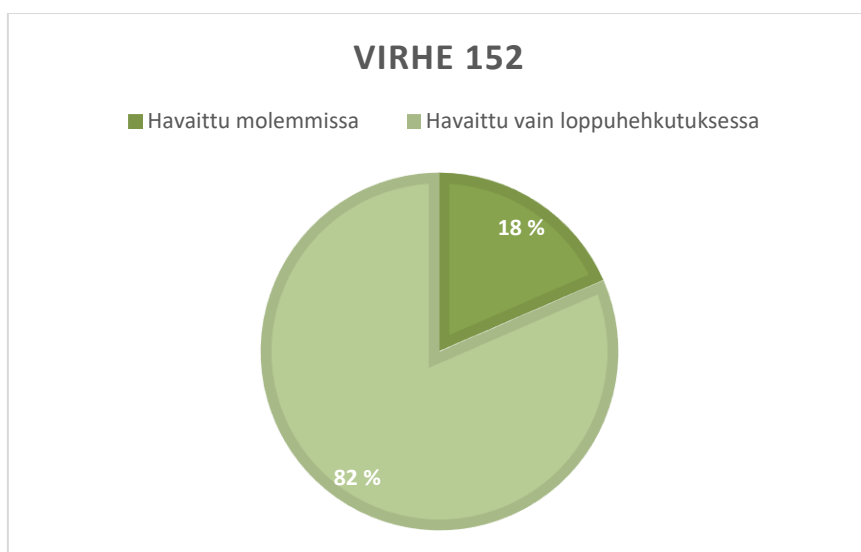
## 6.2 Kuumavalssaamon naarmun havaitseminen

Kuumavalssaamon naarmua oli merkitty käsittelylinjoilla 5,2 prosenttiin nauhoista, jotka ajettiin tarkastelujakson aikana. Taulukosta 5 nähdään, miten naarmua oli havaittu kaikista nauhoista, joissa esiintyi kuumavalssaamon naarmua esi- ja loppuvehkutuksessa. Ainoastaan 10,2 prosenttia naarmutapauksista löytyi esi- ja loppuvehkutuksessa.

TAULUKKO 5. Virheen 152 havainnot tarkastelujaksolla ajetuista nauhoista

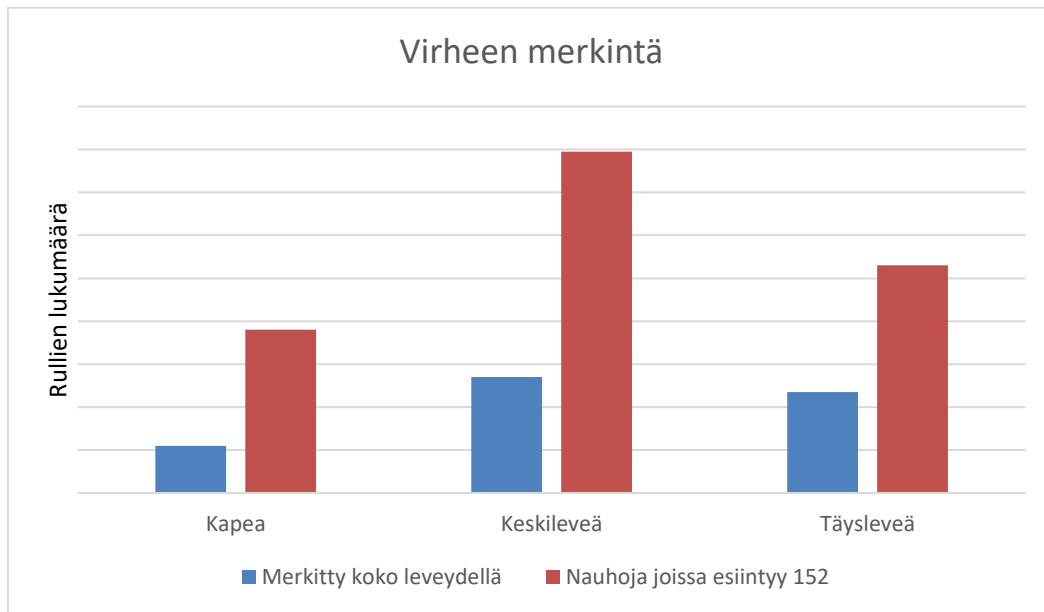
Virheen merkinnät	Havaitut naarmut tarkastelujaksolla (%)
Esihehkutus	54,8
Vain loppuvehkutuksessa	45,2
Molemmissa	10,2

Kuvassa 17 on esitelty prosentuaalisesti, miten paljon virheitä, jotka ovat löytyneet loppuvehkutuksessa, ovat jääneet löytymättä esihehkutuksessa. Kuvan mukaan 82 prosenttia loppuvehkutuksessa tehdyistä naarmuhavainnoista ei oltu löydetty esihehkutuksessa. Vastaavasti loppuvehkutuksessa ei löytynyt merkintöjä 81 prosentista rullia, joissa oli havaittu naarmua esihehkutuksessa.



KUVA 17. Esihehkutuksessa havaittujen naarmujen osuus kaikista loppuvehkutuksessa havaituista naarmuista

RETU-merkintöjen mukaan naarmua oli merkitty 32,9 prosenttiin naarmutapauksista koko leveydellä. Keski alueelle oli merkitty 42,2 prosenttia naarmutapauksista ja tarkemmin sijainti oli merkitty 24,6 prosenttiin naarmutapauksista. Kuva 18 esittää, miten virhettä 152 oli merkitty esihehkutuksessa.



KUVA 18. Kuumavalssaamon naarmujen merkintä eri nauhan leveyksillä

### 6.3 Testiajot

Testiajoihin valittiin kaksikymmentä rullaa, jotka jaettiin kahteen testausryhmään. Ensimmäiseen ryhmään valikoituivat kymmenen yli kuuden millimetrin paksuista kuumanauhaa ja toiseen kymmenen alle kahdeksan millimetrin paksuista kuumanauhaa. Jokainen testijakson rulla tarkastettiin esihehkutuksessa linjan operaattorin ja pinnantarkastuksen työhönopestajan yhteistyönä. Loppuhehkutuksessa testirullat tarkastettiin pinnantarkastuksen kiertävän tarkastajan ja linjan operaattorin yhteistyönä.

Testiajoissa kiinnitettiin huomioita erityisesti kuumavalssaamon painumiin ja naarmuihin. Pinnantarkastus suoritettiin tehostetusti esi- ja loppuhehkutuksessa. Pinnantarkastuksen asiantuntijat keskittyivät suurimman osan ajasta testirullan alapuolen tarkastamiseen pystytarkastuspaikalla ja linjan operaattori seurasi pääsääntöisesti testirullan yläpuolta. Jokaisen testirullan tarkastustiedot

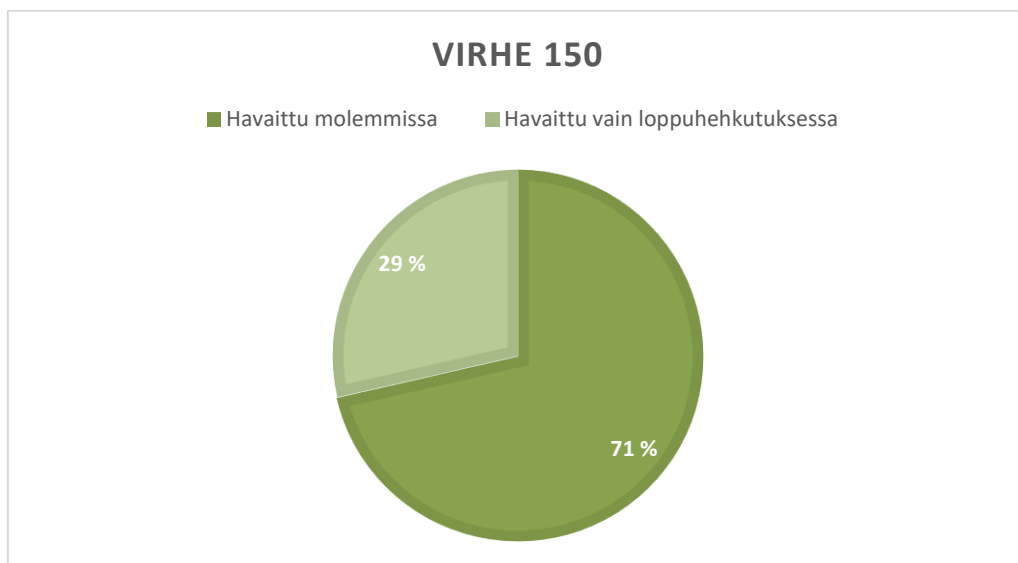
kirjattiin RETU-järjestelmään ja erilliseen tarkastustaulukkoon, johon tehtiin liitteiden 1 ja 2 mukainen yhteenveto kaikista testirullista. Testiajoissa ei huomioitu painumia ja naarmuja, jotka sijaitsivat mittapituuden ensimmäisellä jaksolla.

Taulukossa 6 on esitelty paksuudeltaan yli 6-millimetrisissä testinauhoissa havaittujen painumien lukumäärät. Jokaiselle virheelle oli määritelty erikseen tarkempi sijainti testirullassa. Paksujen kuumanauhojen testiajojen tarkastustiedot ovat vain tilaajan tiedossa. Kahdessa testirullassa painumat eivät olleet havaittavissa ennen loppuhehkutusta.

*TAULUKKO 6. Yli 6-millimetrisissä testirullissa havaittujen painumien lukumäärät*

Virhettä havaittu	Lukumäärä
Esihehkutus	5
Loppuhehkutus	7
Molemmissa	5
Vain loppuhehkutuksessa	2

Kuva 19 esittää, miten paljon loppuhehkutuksessa löytyneitä virheitä on jäänyt havaitsematta esihehkutuksessa. Kaaviokuvan mukaan 71 prosenttia painumista löytyi jo esihehkutuksessa. Tämä on huomattavasti suurempi osuus, kuin mitä pinnantarkastusdatan perusteella on löydetty tavallisessa pinnantarkastuksessa.



*KUVA 19. Yli 6-millimetrisissä testirullissa havaitut painumat*

Kuumavalssaamon naarmua oli havaittavissa esihehkutuksessa yhdessä testirullassa, mutta loppuvehkutuksessa siitä ei löytynyt merkintöjä. Yhdessä testirullassa havaittiin myös kuumavalssaamon näppylä, virhekoodi 156, mutta virhettä ei ollut havaittavissa enää loppuvehkutuksessa. Näppylälle oli merkitty tarkka sijainti ja virheväli.

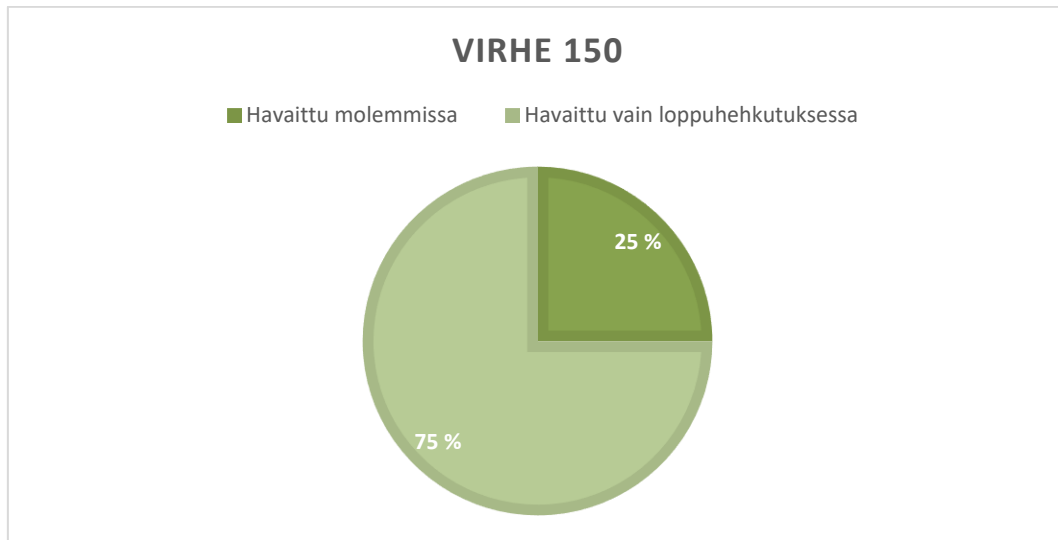
Taulukossa 7 on esitelty alle kuusi millimetriä paksujen teräsnauhujen havaitut painumat. Jokaiselle virheelle oli erikseen määritelty tarkempi sijainti testinauhassa. Ohuiden kuumanauhujen testiajojen tarkastustiedot ovat vain tilaajan tiedossa. Neljässä testinauhassa oli havaittu kuumavalssaamon painumaa. Kaikille esihehkutuksessa havaituille painumille oli määritelty virheväli.

*TAULUKKO 7. Alle 6-millimetrisissä testirullissa havaittujen painumien lukumäärät*

Virhettä havaittu	Lukumäärä
Esihehkutus	2
Loppuvehkutus	3
Molemmissa	1
Vain loppuvehkutuksessa	2



Kuva 20 esittää, miten paljon loppuhehkutuksessa löytyneitä virheitä on jäänyt havaitsematta esihehkutuksessa. Taulukon mukaan 75 prosenttia painumista ei ollut löydetty esihehkutuksessa. Yhdessä nauhassa painumaa oli havaittu esihehkutuksessa, mutta loppuhehkutuksessa painumaa ei ollut enää löydetty. Kuumavalssaamon naarmua ei ollut havaittu yhdessäkään teräsnauhassa.



*KUVA 20. Alle 6-millimetrisissä testirullissa havaitut painumat*

## 7 PILOTTIRULLAKÄYTÄNNÖN NYKYTILANTEEN SELVITYS

Pilottirullakäytännön nykytilanne selvitettiin haastattelemalla hehkutus- ja peit-  
tauslinjojen sekä kuumavalssaamon vuoromestareita. Haastatteluissa kävi ilmi,  
ettei nykyinen pilottirullakäytäntö vastaa ohjeen mukaista toimintaa. Haastatte-  
luiden perusteella vuoromestarit ottavat pilottirullan jokaisessa vuorossa mah-  
dollisimman tuoreista kuumavalssaamolla ajetuista rullista. Yleensä pilottirullat  
pyritään valitsemaan täysleveistä 720-laatusista rullista.

Haastatteluiden mukaan valittua pilottirullaa ei ole otettu linjaan nopeutetusti.  
Vuoromestareiden mukaan pilottirullat ajetaan pääsääntöisesti HP3-linjalla ja  
tarvittaessa HP1-linjalla. Molempien linjojen ollessa seisahduksissa pilottirullia  
ei oteta ajolle muille linjoille.

Pilottirullat tarkastetaan linjaoperaattorien ja pinnantarkastuksen asiantuntijoi-  
den yhteistyönä. Pilottirullien pinnanlaadun tarkastaminen suoritetaan normaa-  
lilla tarkastustavalla eikä sen tarkastaminen vaikuta linjan ajonopeuksiin. Vaka-  
via virheitä havaittaessa pinnantarkastuksen asiantuntijat ilmoittavat kuumavalss-  
saamon vuoromestarille poikkeamista ja tekevät näistä tarvittaessa laatuhavain-  
non. Jokaisen pilottirullan tarkastustiedot lähetetään kuumavalssaamon vuoro-  
mestareille.

Laatuhavainnoista ei löytynyt hakusanalla ”pilotti” yhtään vuonna 2016 kirjattua  
laatuhavaintoa pilottirullien virheistä. Aikaisemmilta vuosilta merkintöjä löytyi  
kaksi kappaletta, jotka oli kirjattu kylmävalssaamolla.

Kuumavalssaamon vuoromestarit käyvät pääsääntöisesti pilottirullien pinnantar-  
kastustiedot läpi, kun kylmävalssaamolta lähetetään RETU-järjestelmään kirja-  
tut tiedot. Pilottirullat ovat yleensä niin vanhoja, että esimerkiksi painumatapauk-  
sissa valssit joihin virheväli viittaa, on jo vaihdettu. Pilottirullien tietoja ei arkis-  
toida kuumavalssaamolla.

Pilottirullia tarkasteltiin pinnantarkastusdatan ja työvaihehuomautuksien perus-  
teella. Pilottirullien tarkastelun aikaväliksi valittiin 1.1. - 7.11.2016. Ajettuja pilot-  
tirullia haettiin tietokannasta työvaiheelle kirjattavalla pilotti-hakusanalla. MELA-

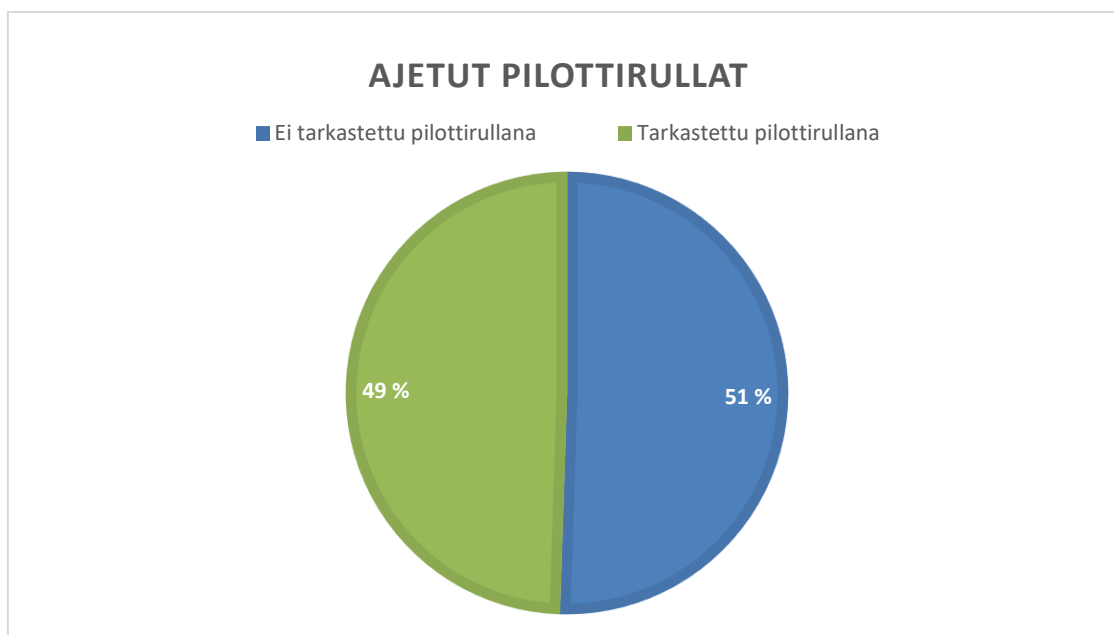
kannasta pilottirullia haettiin pinnantarkastusmerkintöjen perusteella. Pinnantarkastusmerkintöjen perusteella valituissa rullissa oli kirjattuna QTH:lle ”pilotti”.

Taulukkoon 8 on eritelty työvaihehuomautusten ja pinnantarkastusmerkintöjen perusteella löydetty pilottirullat. Tarkastelujakson aikana pilottirullia oli ajettu 30,9 prosenttia ohjeellisesta määrästä.

*TAULUKKO 8. Pilottirullien työvaihehuomautusten ja pinnantarkastusmerkintöjen osuudet kaikista ajetuista pilottirullista*

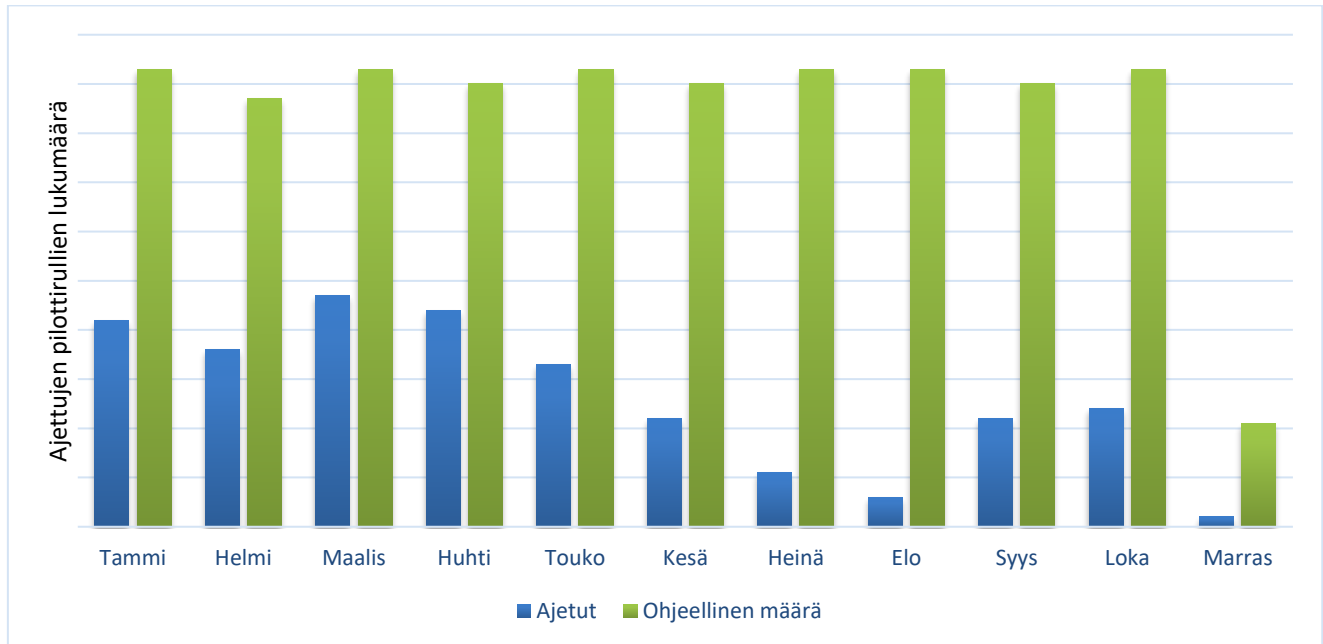
	Ajetut pilottirullat (%)
Vain työvaihehuomautus	50,5
Pinnantarkastus	49,5
Työvaihehuomautus ja pinnantarkastus	18,3

Kaaviokuvassa 21 on esitelty kuinka moni ajetuista pilottirullista on tarkastettu pilottirullana tarkastelujakson aikana. Tarkastetuissa pilottirullissa huomautus oli kirjoitettu QTH-näytölle. Kaaviokuvan mukaan vain 49 prosentille pilottirullista oli suoritettu tehostettu pinnantarkastus.



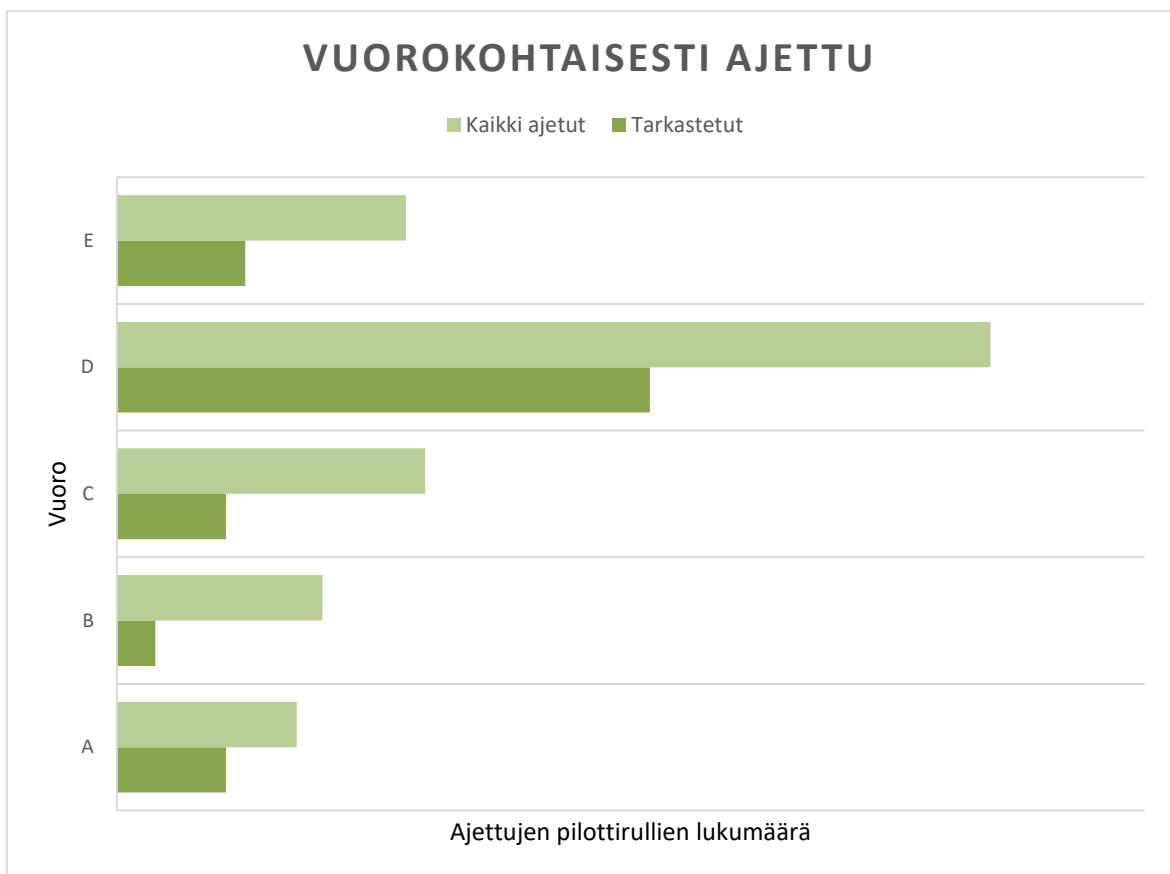
*KUVA 21. Pilottirullana tarkasteltujen nauhojen osuus kaikista ajetuista pilottirullista*

Kuva 22 esittää, miten pilottirullia oli ajettu tarkastelujakson aikana kuukausittain ja kuinka paljon niitä olisi pitänyt ajaa ohjeen mukaan. Kaaviokuvassa on huomioitu marraskuulle vain seitsemän ensimmäistä päivää.



*KUVA 22. Ajetut pilottirullat kuukausikohtaisesti*

Pilottirullista 2,07 prosenttia oli ajettu HP1-linjalla ja loput HP3-linjalla. Kaavio-kuva 23 esittää, miten pilottirullien ajaminen jakautui vuorokohtaisesti. Kaavion vuorokohtaiset lukumäärät on laskettu tarkastajan puumerkkien perusteella. Laskelmissa ei ole huomioitu mahdollisia vuoronvaihtoja. Kaaviokuvasta nähdään, että suurin osa pilottirullista oli ajettu D-vuorossa.



*KUVA 23. Ajetut pilottirullat vuorokohtaisesti*

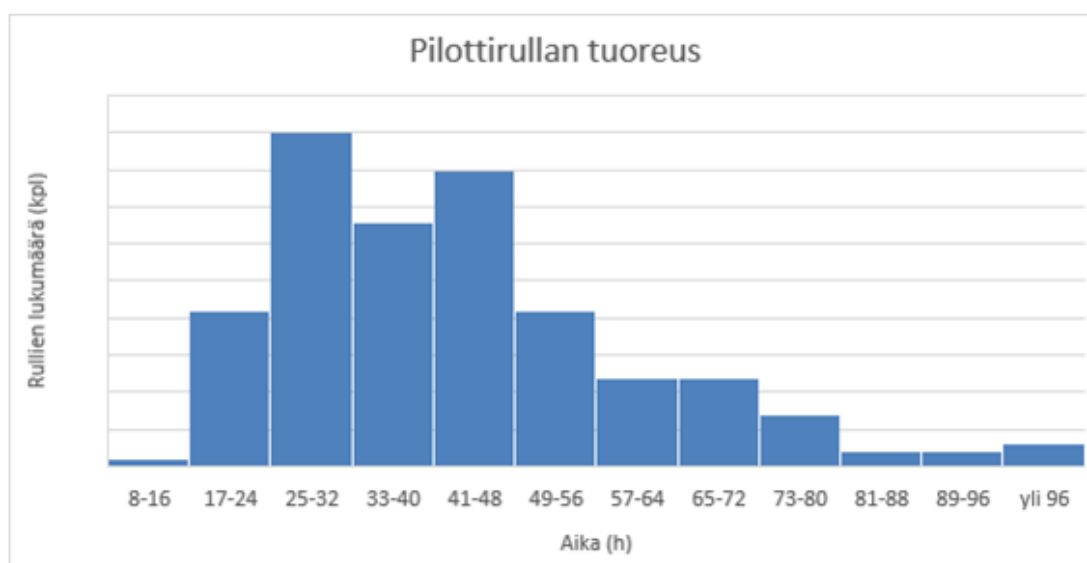
Tarkastelujakson aikana nauhojen, joita ei oltu valittu pilottirulliksi, kuumavalssauksen lopetuksen ja esihehkutuksen aloittamisen välillä kului aikaa keskimäärin 125,5 tuntia. Mediaani oli 76,1 tuntia ja minimiaika 13,3 tuntia. Tarkastelussa huomioitiin vain kunkin nauhan ensimmäinen kerta esihehkutuksessa.

Taulukko 9 esittää, miten paljon aikaa kului pilottirullan kuumavalssauksen lopetuksen ja esihehkutuksen aloittamisen välillä. Taulukosta nähdään, että pilottirulla otettiin esihehkutettavaksi keskimäärin 44,6 tunnin päästä kuumavalssauksen lopettamisesta. Lyhin aika kuumavalssauksen ja esihehkutuksen välillä oli 15,4 tuntia.

TAULUKKO 9. Ajettujen pilottirullien kuumavalssauksen ja esihehkutuksen välinen aika

	Aika (h)
Keskiarvo	44,6
Mediaani	40,7
Vaihteluväli	173,5
Keskihajonta	22,1
Minimi	15,9
Maksimi	189,4

Kuva 24 esittää, miten pilottirullien tuoreus jakaantui tarkastelujakson aikana. Pilottirullista 23 prosenttia oli ajettu esihehkutuksessa 25 - 32 tunnin sisällä kuumavalssauksen lopettamisesta. Vähiten oli ajettu rullia, joiden kuumavalssauksen ja esihehkutuksen välillä oli alle 16 tuntia.



KUVA 25. Histogrammi pilottirullien tuoreudesta

Pisin aikaväli kahden ajetun pilottirullan välillä oli hieman yli 24 vuorokautta. Näiden kahden nauhan kuumavalssauksen välillä oli yli 23 vuorokautta. Nämä pilottirullat oli ajettu heinä - elokuun vaihteessa. Kun kesäaika 1.5. - 31.8.2016 jätettiin huomioimatta, pisin aikaväli oli kahden ajetun pilottirullan välillä noin 6 vuorokautta.

## 8 KUUMAVALSSAAMON KUNNOSSAPIDON TARKASTELU

Työssä selvitettiin kuumavalssaamon ennaltaehkäisevän kunnossapidon ja häiriökorjauksien toimenpiteitä laaduntuottokyvyn ylläpitämiseksi. Toimenpiteet selvitettiin haastattelemalla linjan operaattoreita ja vuoromestareita. Näitä toimenpiteitä ei esitellä julkaistavassa opinnäytetyöraportissa.

Kuumavalssaamon kunnossapidon kannalta on ensiarvoisen tärkeää saada luotettavaa pinnantarkastustietoa, jotta korjaavia toimenpiteitä voidaan määrittää. Toimenpiteiden kannalta virhevälien löytyminen on tärkeää, sillä kuumavalssaamon automaattinen pinnantarkastuslaitteisto ei pysty havaitsemaan pintavirheitä pitkällä virhevälillä. Tällaisia virheitä ovat esimerkiksi kuumavalssaamolla syntyneet painumat. Virheitä voi syntyä myös automaattisen pinnantarkastuslaitteiston jälkeen.

Tässä luvussa tarkastellaan tarkastustietojen avulla saatujen tulosten kautta kuumavalssaamon kunnossapidon nykytilannetta. Tarkastelujaksoksi valittiin esihehkutuksessa aikavälillä 1.1.2016 - 7.11.2016 ajettut rullat, jotka oli ajettu Torniossa sekä esi- että loppuhehkutuksessa. Kuumavalssaamon virhevälit on esitelty liitteessä 5. Kuumavalssaamon pienin mahdollinen virheväli on 864 millimetriä.

Taulukossa 10 on esitelty esihehkutuksessa havaitut virhevälit ja nauhoista lukumäärät, joissa on havaittu painumaa tarkastelujakson aikana. Tulosten perusteella havaitaan, että kaksi suurinta virheväliryhmää ovat 1 450 ja 1 500 millimetriset virhevälit. Tarkastelujaksolla esiintyi myös sellaisia virhevälejä, jotka eivät ole peräisin kuumavalssaamolta virhevälinsä perusteella.

*TAULUKKO 10. Tarkastelujaksolla havaittujen painumien virhevälit*

Virheväli (mm)	Lkm
570	1
670	1

*(jatkuu)*

TAULUKKO 10. (jatkuu)

700	1
790	2
800	3
860	1
870	2
880	3
970	2
980	1
1 000	1
1 400	7
1 450	13
1 470	1
1 500	16
1 520	1
1 570	3
1 580	1
1 600	2
1 680	2
1 910	1
2 000	6
2 000 - 3 000	1

Tulosten perusteella voidaan todeta, että nauhakelaimen alapuristusrullien virheväli vastaa tarkastustietojen 1 450 - 1 570 millimetrisiä virhevälejä. Virhevälit mitataan metrimitalla, joten virhevälien mittaamisessa voi olla mittausepätaarkkuutta. 1 400 millimetrin virhevälillä merkityt virheet ovat myös mahdollisesti peräisin nauhakelaimen alapuristusrullasta. 1 400 millimetrin virhevälille ei ollut vastaavia virhevälejä kuuma- tai kylmävalssaamolla.

Virhevälillä 1 910 - 2 000 millimetriä esiintyvät painumat ovat todennäköisimmin virheväliensä puolesta peräisin FX:n työvalsseilta tai nauhavalssaimen työvalsseilta. Lopuille virheväleille on haastavaa arvioida niiden syntymispaikkaa. Virhevälillä 570 - 800 millimetriä merkityt painumat eivät voi olla peräisin kuuma- valssaamolta pienen virheväliensä takia.



Tarkastelujaksolla esiintyi eniten virhevälejä, jotka sopivat nauhakelaimen alapuristusrullien virheväliksi. Nämä puristusrullat tarkastetaan jokaisessa vuorossa. Tarkastus suoritetaan silmämääräisesti. Tarkastuksessa arvioidaan puristusrullien kuntoa ja mahdollisia pintavirheitä. Tarkastus on aistinvaraista kunnonvalvontaa, jota on vaikea mitata. Tällaisessa tilanteessa havaintojen luotettavuus perustuu havainnoijan näkemykseen ja kokemukseen.

Työvalsseille sopivia virhevälejä oli suhteellisen vähän. Valssien vaihtovälejä ei tarvitse lyhentää tarkastusdatan perusteella. Valssien vaihtoväliä tulisi arvioida, kun saatavilla on luotettavaa pintavirhetietoa, jossa jokaiselle painumalle on määritelty virheväli.

## 9 PILOTTIRULLAKÄYTÄNNÖN KEHITTÄMINEN

Toimivan pilottirullakäytännön tuottama pinnantarkastustieto on erittäin tärkeää kuumavalssaamon laaduntuottokyvyn varmentamiseksi. Pilottirullakäytännöllä voidaan ennaltaehkäistä suurten viallisten tuotantomäärien syntyminen. Pilottirullakäytännön nykytilanteen selvittämisen jälkeen pohdittiin mahdollisia kehitysideoita pilottirullakäytännön kehittämiseksi.

Kuumanauhojen jäähtymisaika on vähintään kahdeksan tuntia ennen kuin se voidaan lämpötilansa puolesta ottaa ajettavaksi käsittelylinjoille. Jäähtynyt rulla kuljetetaan kylmävalssaamolle. Jäähtymiseen ja siirtokuljetukseen kuluva aika ylittää kahdeksan tuntia, joten saman vuoron aikana ei voida ajaa samassa vuorossa kuumavalssattua nauhaa esihehkutuksessa. Pilottirulla tulisi kuitenkin ottaa ajoon jokaisessa vuorossa, jotta laaduntuottokykyä voitaisiin varmentaa mahdollisimman usein. Tämän avulla saataisiin myös vakiinnutettua pilottirullakäytännön toimintamalli jokaiseen vuoroon.

Pilottirullaksi tulisi valita mahdollisimman tuore, valmistelematon ja täysleveä rulla. Tulosten perusteella, esimerkiksi painumat, havaitaan todennäköisemmin paksuista kuumanauhoista hitaampien ajonopeuksien johdosta, joten pilottirullaksi tulisi valita myös mieluiten mahdollisimman paksu kuumanauha. Täysleveissä rullissa näkyvät kaikki kuumavalssaamon virheet.

Pilottirullan valinnan tulisi tapahtua kuumavalssaamon vuoromestarin toimesta. Valinnan jälkeen vuoromestarin tulisi ilmoittaa valittu pilottirulla kylmävalssaamon käsittelylinjojen vuoromestarille ja kuumavalssaamon linjan henkilöstölle, jotka voisivat ohjata valitulle rullalle siirtokuljetuksen kylmävalssaamolle minimijäähtymisajan puitteissa.

Käsittelylinjojen vuoromestarien tulisi valita pilottirullalle nopein mahdollinen linja esihehkutukseen ja lisätä se ajo-ohjelmille mahdollisimman pian. Ajo-ohjelmille lisäyksen jälkeen vuoromestarin tulisi ilmoittaa valitun käsittelylinjan henkilöstölle valinnasta. Tällöin linjan henkilöstö osaisi ottaa pilottirullan ajettavaksi

mahdollisimman nopeasti sen saavuttua kylmävalssaamolle. Haastattelujen perusteella linjan henkilöstö osaa sijoittaa pilottirullan ajettavaksi mahdollisimman vaivattomasti käsittelylinjoille nauhojen leveydet ja paksuudet huomioiden.

Pilottirullan merkitsemiseen ajo-ohjelmille ohjelmoitaessa käytetään tällä hetkellä työvaihehuomautusta. Tämän työvaihehuomautuksen voisi korvata erillisillä työvaihekoodeilla. Tällä hetkellä pilottirullia on ohjelmoitu neljälle eri työvaiheelle. Näille työvaiheille voisi kehittää vastaavat työvaiheet, joissa erilaisilla työvaihekoodeilla erotettaisiin pilottirullat muista esihehkutettavista rullista. Tämän avulla pilottirullien tarkastelu olisi helpompaa, sillä pilottirullat näkyisivät suoraan HP-linjojen vuorokausiraporteissa. Vaihtoehtoisesti pilottirullien tarkastelulle voisi kehittää myös oman virhekoodin, joka näkyisi vuorokausiraportissa suoraan merkitsevimmän virheen kohdalla. Huonona puolena tässä on se, että tällöin pilottirullien mahdolliset virheet eivät näkyisi laatutilastoissa.

Pilottirullia ajetaan tällä hetkellä vain HP1- ja HP3-linjoilla. Pilottirullia ei ajeta, mikäli kumpikaan linja ei ole käytettävissä tai kylmävalssaamolla on materiaali-pulaa. Tällaisia tilanteita varten olisi hyvä sisällyttää ohjeeseen pilottirullan mahdollinen ajo esimerkiksi valmistelulinjalla. Valmistelulinjalla ajonopeuksia voidaan säätää tarpeen mukaan ja pahimmat pintavirheet voidaan havainnoida kohtuullisen hyvin. Valmistelulinja ei ole jatkuvatoiminen, joten sitä ei materiaali-pula rajoita.

RAP 5 -linjalla ajonopeudet ovat huomattavasti nopeampia kuin HP1- ja HP3-linjoilla (liite 4), joten mielestäni se ei ole vaihtoehto pilottirullien tarkastusta varten. Kuumanauhojen ajonopeuksilla on suuri merkitys pintavirheiden havaitsemiseen. RAP 5 -linjalla kuumanauhan perusteellinen tarkastus onnistuu pystytarkastuspaikalla, jossa tarkastettaessa nauhan ajonopeus hidastuu automaattisesti. Tarkastuksen aikana varaaja täyttyy hiljaksen ja täyttyessään se pysäyttää prosessin. Tarkastuksen jälkeen nauhaa ajettaisiin normaalia ajonopeutta huomattavasti suuremmalla nopeudella varaajan tyhjentämiseksi, jotta häiriötilanteessa prosessi ei pysähtyisi välittömästi. Tällöin pintavirheitä olisi mahdollista nähdä kuumanauhan pinnasta.

Pilottirullaohjeesta tulisi mielestäni poistaa ilmoitusvelvollisuus kuumavalssaamon vuoromestarille, kun pilottirulla otetaan ajoon. Tämä ei ole tarpeellista, sillä haastattelujen perusteella heillä ei ole pintavirhetuntemusta, jolla tuotaisiin lisäarvoa pinnantarkastukseen. Lisäksi heillä ei ole haastattelujen perusteella mahdollisuutta poistua kuumavalssaamolta.

Pilottirullien pinnantarkastuksen kehittämiseksi käsittelylinjojen työntekijöille tulisi kouluttaa pilottirullakäytännön merkitys ja tavoitteet. Pilottirullien tarkastuksessa tulisi painottaa virheen sijainnin ja virhevälien merkitsemisen tärkeyttä. Pinnantarkastusdatan mukaan pilottirullien painumat oli löydetty lähes joka kerta, mutta virhevälejä ei oltu merkitty oikein. Pilottirullien tarkastamisessa on tärkeää, että kiertävä tarkastaja tulee avuksi. Tällöin voidaan tarkastella nauhan molempia puolia virheiden löytämiseksi. Virheiden löytäminen vaatii aktiivista tarkastamista, joten tarkastuksia olisi hyvä suorittaa säännöllisesti HP3-linjalla pystytarkastuspaikalla ja HP1-linjalla päällekelaimella.

Pilottirullien mahdollisista pintavirheistä tulisi ilmoittaa kuumavalssaamon vuoromestarille mahdollisimman nopeasti puhelimitse ja sähköpostitse. Kuumavalssaamon vuoromestarin tulisi myös kirjata vastaanotettu tieto esimerkiksi vuoropäiväkirjaan. Vuoropäiväkirjaan tulisi kirjata rullanumero, kuumavalssaamon pintavirheet ja mahdolliset toimenpiteet niiden ehkäisemiseksi.

Pilottirullakäytännön toimintamallin kehittämiseksi tärkeimmät toimenpiteet ovat toimintamallin perehdyttäminen linjoille ja sen valvonta. Suurin puute nykyisessä käytännössä on ohjeiden noudattamatta jättäminen. Toimintamallin ohje on myös heikosti jäsennelty, joten ohjetta tulisi yksinkertaistaa. Mielestäni ohjeeseen tulisi erotella käsittelylinjojen vuoromestarin, linjan operaattorien ja kuumavalssaamon toimenpiteet. Linjan operaattoreille voisi erotella pilottirullan ilmoitukset, merkinnät ja tarkastukseen liittyvät toimenpiteet.

Pilottirullakäytäntöä voitaisiin kehittää myös automatisoimalla pilottirullien valinta. Tällöin järjestelmä valitsisi pilottirullan automaattisesti kerran vuorossa. Valitusta pilottirullasta tulisi ilmoitus kuumavalssaamon vuoromestareille ja linjan henkilöstölle sekä kylmävalssaamon käsittelylinjojen vuoromestareille. Tämän lisäksi järjestelmä voisi merkitä RETUun huomautustekstin automaattisesti.

Järjestelmän antaman ilmoituksen jälkeen kuumavalssaamon henkilöstö voisi priorisoida pilottirullan lähetettäväksi mahdollisimman nopeasti kylmävalssaamolle. Käsittelylinjojen vuoromestarit voisivat puolestaan ilmoituksen saatuaan ohjelmoida pilottirullan ajo-ohjelmille ja ilmoittaa valitun linjan henkilöstölle pilottirullasta. Automatisoimalla pilottirullan valinta varmistettaisiin pilottirullan ajaminen jokaisessa vuorossa.

## 10 YHTEENVETO

Opinnäytetyössä tutkittiin kuumavalssaamon laadunvarmistuksessa käytettävän pilottirullakäytännön nykytilannetta ja pohdittiin sen tarpeellisuutta osana kuumavalssaamon laadunohjausta. Pilottirullakäytäntö on laadunohjauksen työkalu, jolla pyritään varmentamaan kuumavalssaamon laaduntuottokyky säännöllisin väliajoin ja määrittämään poikkeamatapauksissa mahdolliset korjaavat toimenpiteet kuumavalssaamon tuotantolinjalle. Työssä tarkasteltiin myös esihekkutuslinjojen pinnantarkastuksen todentamisvarmuutta.

Esihekkutuslinjojen pinnantarkastuksella on suuri merkitys kuumavalssaamon laadunvarmistuksessa. Ensimmäinen visuaalinen pinnantarkastus suoritetaan vasta esihekkutuslinjoilla, ja laatutason ylläpitämiseksi laatu poikkeamista raportointi on ensiarvoisen tärkeää.

Esihekkutuslinjojen pintavirheiden todentamisvarmuutta tutkittiin haastattelemalla linjan henkilöstöä ja analysoimalla pinnantarkastusdataa. Pilottirullakäytännön nykytilannetta selvitettiin haastattelemalla käsittelylinjojen vuoromestareita ja analysoimalla sekä pinnantarkastusdataa että työvaihehuomautusten merkintöjä. Pilottirullien pintavirheiden havainnointimahdollisuutta tutkittiin testiajoilla, joissa pinnantarkastus suoritettiin pilottirullakäytännön ohjeiden mukaisesti. Työssä selvitettiin myös kuumavalssaamon kunnossapidollisia toimenpiteitä laaduntuottokyvyn ylläpitämiseksi haastattelemalla kuumavalssaamon vuoromestareita ja linjaoperaattoreita.

Pinnantarkastusdatan perusteella esihekkutuksessa havaitaan vain 9 prosenttia loppuhekkutuksessa havaituista kuumavalssaamon painumista. Esihekkutuksessa havaituista painumista noin 80 prosentista ei löydy merkintöjä loppuhekkutuksen pinnantarkastustiedoista. Todennäköisesti nämä painumat ovat hävinneet kylmävalssauksessa. Esihekkutuksessa havaituista naarmuista oli löytynyt 19 prosenttia loppuhekkutuksen pinnantarkastuksessa. Loppuhekkutuksessa löytyneistä naarmuista oli havaittu esihekkutuksessa 18 prosenttia.

Työssä tutkittiin virheiden merkitsemistä esihekkutuksessa. Pinnantarkastusdatan perusteella havaittiin, että painumien sijainniksi oli merkitty koko leveydellä

62 prosenttiin nauhoista. Nauhojen leveydellä ei ollut vaikutusta virheiden sijainnin merkintään. Painumat ovat jokaisella laadulla suoraan verrannollisia ajomääriin.

Virheväli painumille oli löydetty 8 prosentista virheellisistä nauhoista. Painumille, jotka oli merkitty koko leveydellä, ei ollut kirjattu virheväliä. Jaksollisille virheille on yleensä löydettävissä virheväli, joten on epätodennäköistä, ettei yli puolelle virheellisistä nauhoista ole löydetty virheväliä. Osaan painumarullista oli merkitty HP-linjoille sopivia virhevälejä.

Kuumavalssaamon naarmujen sijaintia merkittiin tarkemmin kuin painumien. Suurin osa naarmuista sijaitsi nauhan keskialueella. Naarmutapauksista vain noin 33 prosenttiin oli merkitty naarmun sijainniksi koko leveys. Nauhan leveys ei vaikuttanut virheiden merkitsemiseen.

Testiajoihin valittiin 20 rullaa ja ne jaettiin kahteen ryhmään. Ensimmäiseen ryhmään valikoitui kymmenen alle 6 mm:n paksuista ja toiseen ryhmään kymmenen alle 8 mm:n paksuista kuumanauhaa. Testinauhat tarkastettiin esi- ja loppu-  
hehkutuksessa yhteistyössä pinnantarkastusorganisaation kanssa. Testiajoissa tarkasteltiin aktiivisesti nauhan ylä- ja alapintaa.

Testiajojen ja pinnantarkastusdatan perusteella voidaan todeta, että paksumpien kuumanauhojen painumat löytyivät esihehkutuksessa paremmin kuin ohuiden. Testiajoissa ajettujen paksumpien kuumanauhojen painumista 71 prosenttia löytyi esi- ja loppuhehkutuksessa. Ohuemmista kuumanauhoista 25 prosenttia löytyi esi- ja loppuhehkutuksessa. Paksumpien kuumanauhojen ajonopeudet ovat alhaisemmat kuin ohuiden, jolloin virheiden havaitseminen on helpompaa. Kuumavalssaamon naarmua esiintyi esihehkutuksessa vain yhdessä testirullassa, mutta loppuhehkutuksesta ei löytynyt mainintaa naarmusta.

Pinnantarkastusdatan mukaan testiajoissa kuumavalssaamon painumat havaittiin huomattavasti paremmin kuin tavallisessa tarkastustyössä. Jokaiseen esihehkutuksessa havaittuun painumaan oli kirjattu virheväli ja sijainti tarkasti. Virheiden kirjaamisella on suuri merkitys kuumavalssaamolle, sillä virheen sijainnin ja virhevälin perusteella voidaan paikantaa virheen aiheuttaja. Ilman virheiden

tarkkoja tietoja kuumavalssaamo ei pysty määrittelemään minkäänlaisia korjaavia toimenpiteitä tuotantolinjalle. Testiajojen aktiivisella tarkastustyöllä ja pinnantarkastuksen asiantuntijan avustuksella on ollut todennäköisesti suuri merkitys virheiden löytymiselle. Testiajoissa nauhoja tarkasteltiin useita kertoja HP3-linjalla pystytarkastuspaikalla ja HP1-linjalla päällekelaimella.

Pilottirullien tilastollisen tarkastelun ja haastatteluiden välillä oli suuri ero. Haastatteluiden perusteella vuoromestarit ohjelmoivat jokaisessa vuorossa pilottirullan ajoon. Pilottirullista oli kuitenkin ajettu vain noin 31 prosenttia ohjeen mukaisesta määrästä. Ajetuista pilottirullista oli tarkastettu vain 49 prosenttia. Vuoro-kohtaisessa tarkastelussa huomattiin, että noin 47 prosenttia pilottirullista oli ajettu D-vuorossa.

Pilottirullaohjeen mukaan pilottirullaksi tulisi valita nauha, jonka valmistumisaika kuumavalssaamolla on mahdollisimman tuore. Ajettujen pilottirullien kuumavalssaamolta valmistumisen ja esihehkutuksen aloittamisen välillä oli keskimäärin 44,6 tuntia. Vakavassa pintavirhetapauksessa kuumavalssaamo ehtii ajaa tuotantoa tässä ajassa noin XXX tonnia ennen kuin laatupalaute saadaan esihehkutuslinjalta.

Kahden ajetun pilottirullan välinen aika oli pisimmillään yli 24 vuorokautta. Nämä pilottirullat oli ajettu heinä - elokuun vaihteessa. Lukuunottamatta kesäkuukausia touko - elokuu, pisin aikaväli kahden pilottirullan välillä oli noin 6 vuorokautta. Pilottirullakäytännössä tulisikin painottaa nauhan tuoreuden tärkeyttä. Kesätyönjohtajille tulisi myös perehdyttää pilottirullakäytäntö. Pinnantarkastusdatan perusteella tuorein ajettu pilottirulla oli 15,4 tuntia vanha.

Pilottirullakäytännön ohjeiden mukaisesti kuumavalssaamon vuoromestarin tulisi saapua esihehkutukseen tarkastamaan pilottirullaa, mikäli se on mahdollista kuumavalssaamon käytön kannalta. Haastatteluiden perusteella kuumavalssaamon vuoromestarit eivät ehdi katsomaan pilottirullia. Ohjeen mukaan pilottirullissa havaitut virheet ilmoitetaan kuumavalssaamolle ja vuorotyönjohtaja kirjaa tiedot Kuti-päiväkirjaan. Kuti-päiväkirjasta ei kuitenkaan löytynyt merkintöjä pilottirullista. Kuumavalssaamon henkilöstön mukaan laatupalaute tulee liian myöhään eikä korjaavia toimenpiteitä kannata silloin enää määrittää.



Pilottirullakäytäntö ei toimi nykyisellään niin tehokkaasti kuin sen pitäisi. Pilottirullia ei ajeta tarpeeksi eikä tehostettua pinnantarkastusta suoriteta kaikille pilottirullille. Testiajojen perusteella havaittiin, että pinnantarkastus voidaan saada paremmalle tasolle aktiivisella tarkastamisella. Tehostetuilla pilottirullatarkastuksella voidaan saada selville painumien tarkat sijainnit ja virhevälit.

Tarkastusdatan luotettavuuden parantamisella kuumavalssaamo pystyisi jatkossa määrittelemään tehokkaammin korjaavia toimenpiteitä linjalle. Nykyisellään ilman virheiden tarkkaa sijaintia toimenpiteitä on mahdotonta määrittää. Tällä hetkellä kuumavalssaamon laaduntuottokykyä ylläpidetään erilaisilla tarkastuksilla.

Vuoron aikana kuumavalssaamolla tarkastetaan vähintään kerran kelaimen puristusrullat sekä Steckel- ja Tandem-valssainten kidat valssin vaihdon yhteydessä. Etuvalssaimen valssit vaihdetaan noin 2 - 2,5 vuorokauden välein. Näiden tarkastusten lisäksi rullaratoja tarkastetaan jokaisessa huoltoseisakissa.

Tarkastusdatan perusteella kuumavalssaamon nauhakelaimen alapuristusrullan virheväliä oli havaittu usein. Nauhakelaimen alapuristusrulla tarkastetaan ja sen kuntoa arvioidaan silmämääräisesti jokaisessa vuorossa. Tällainen tarkastelu perustuu havainnoijan kokemukseen ja näkemykseen, jota on vaikea mitata. Kunnonvalvontaa tulisi yhdenmukaistaa esimerkiksi kuvilla, joissa on esitetty vertailuksi huonokuntoinen ja hyväkuntoinen puristusrulla. Operaattorit pystyisivät tällöin yhdenmukaistamaan havaintojen perusteella tehtyjä päätöksiä.

Kuumavalssaamon tuotantolinjaan kohdistetuilla kunnonvalvontatarkastuksilla pyritään havaitsemaan mahdolliset laaduntuottokykyä heikentävät tekijät. Ilman toimivaa pinnantarkastusta kuumavalssaamo pystyy määrittämään korjaavia toimenpiteitä ainoastaan havaintojen ja automaattisen pinnantarkastuslaitteiston kuvien perusteella. Tällä hetkellä automaattinen pinnantarkastuslaitteisto ei kuitenkaan pysty havaitsemaan virheitä pitkällä virhevälillä. Pintavirheitä voi syntyä myös automaattisen pinnantarkastuslaitteiston jälkeen esimerkiksi jäähdytysrullaradalta.

Toimivan pilottirullakäytännön avulla kuumavalssaamon laaduntuottokyky ei olisi vain säännöllisten tarkastusten varassa. Pilottirullakäytännön avulla saataisiin nopeampi reagointi kuumavalssaamon kunnossapidollisiin toimintoihin. Lisäksi kuumavalssaamolla voitaisiin oppia tunnistamaan erilaisista virhetyypeistä johtuvat tekijät.

Kuumavalssaamon tuotantolinjan laaduntuottokyky voisi olla parhaimmillaan jatkuvassa kehityksessä. Ihannetapauksessa pilottirullakäytännön avulla linjan henkilöstö vuoromestareiden avustuksella löytäisi kriittiset pintavirheisiin vaikuttavat ja kunnossapitoa vaativat tekijät jo ennen kuin pilottirulla antaisi tiedon kriittisestä virheestä. Oppimisprosessi veisi paljon aikaa ja vaatisi toimivan pilottirullakäytännön sekä sujuvaa yhteistyötä kuuma- ja kylmävalssaamon välillä. Saumattomalla yhteistyöllä pilottirullakäytännön avulla voitaisiin oppia tunnistamaan kriittiset kunnossapitoa vaativat toimet jo jaksotettujen kunnonvalvontatar kasten aikana.

Pilottirullakäytännön toimivuus ja ylläpito ovat tärkeitä, sillä tehostetuilla tarkastuksilla varmistetaan kuumavalssaamon laaduntuottokyky. Tehostetuissa tarkastuksissa on yleensä paikalla kaksi tarkastajaa, joten virheiden havainnointi yhtä aikaa nauhan ala- ja yläpuolelta on mahdollista ilman, että toinen puoli nauhasta jäisi tarkastamatta. Pilottirullakäytäntö varmistaa myös palautteen antamisen kuumavalssaamolle, sillä pinnantarkastuksen asiantuntija voi huolehtia palautteen antamisesta samalla kun linjan operaattori keskittyy seuraavan nauhan tarkastamiseen.

Kuumavalssaamon automaattista pinnantarkastuslaitteistoa kehittämällä pintavirheet voitaisiin havaita heti niiden synnyttyä. Lievien painumien havaitsemisen avulla kunnossapidollisiin toimiin voitaisiin ryhtyä välittömästi. Tällaisella reaaliaikaisella pinnantarkastuslaitteistolla voitaisiin välttyä vakavammilta pintavirheiltä. Mikäli pintavirheitä ei pystytäkään havaitsemaan prosessin missään vaiheessa, pahimmassa tapauksessa virheellinen tuote toimitetaan asiakkaalle. Virheellinen tuote voi aiheuttaa suuret reklamaatiokustannukset.

Tulosten perusteella pilottirullakäytännön käyttöönottamisessa on epäonnistuttu. Käsittelylinjojen henkilökuntaa ei ole saatu sitoutumaan toimintamalliin

eikä ymmärtämään pilottirullakäytännön tarpeellisuutta. Toimintamallin perehdytyksessä ja valvonnassa ei ole onnistuttu. Pilottirullakäytännön saattaminen toimintaan vaatii organisaatioiden välistä yhteistyötä, pilottirullakäytännön kehittämistä ja ennen kaikkea sitoutumista työohjeiden noudattamiseen.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin selville esihehkutuksen pinnantarkastuksen todentamisvarmuus, pilottirullakäytännön nykytilanne ja kehitysehdotukset pilottirullakäytännön kehittämiseksi. Pilottirullakäytännön kehittäminen vaatii henkilökunnan kouluttamista ja valvontaa toimenpiteiden toteuttamiseksi. Työssä selvitettiin myös kuumavalssaamon kunnossapidon toimenpiteitä laatupoikkeamien ehkäisemiseksi.

Työn haasteena oli suuren datamäärän käsittely. Oman haasteen loivat myös pintavirheiden heikot merkinnät ja erilaiset käytännöt virheiden merkitsemiseen. Haasteista huolimatta opinnäytetyössä päästiin alussa asetettuihin tavoitteisiin.

## LÄHTEET

Andersson, Paul H. – Tikka, Heikki 1997. Mittaus- ja laatutekniikat. Porvoo: WSOY.

Anttila, J. – Kajava, J. 2006. PDCA-malli tietoturvallisuuden integroinnissa organisaation liiketoiminnan johtamiseen. SFS-tiedotus 38 VSK 2/2006.

Bergman, Bo – Klefsjö, Bengt 2010. Quality – From Customer Needs to Customer Satisfaction. China: Elanders Beijing Printing Co. Ltd.

Campanella, Jack 1999. Principles of Quality Costs – Principles, Implementation and Use. Milwaukee: ASQ Quality Press.

Heikkilä, Tarja 2001. Tilastollinen tutkimus. Helsinki: Oy Edita.

Huru, Janne 2009. Kuumavalssaamon valssihiomon kapasiteetin määrittäminen ja kehittämisvaihtoehtoja. Diplomityö. Oulu: Oulun yliopisto, konetekniikan osasto.

Hölttä, Tuula – Savonen, Marja-Leena 1997. Muutosvoimana Laatujohtaminen. Helsinki: Oy Edita Ab.

Johdanto laadunhallinnan ISO 9000 -standardeihin. 2016. Suomen Standardisoimisliitto. Helsinki: SFS.

Järviö, J. – Piispa, T. – Parantainen, T. – Åström, T. 2007. Kunnossapito. 4. painos. Helsinki: KPMedia.

Laatutyökaluja. 2010. Laatuakatemia. Saatavilla: <http://www.kotiposti.net/tuurala/PDCA.htm>. Hakupäivä: 9.3.2017.

Lecklin, Olli 2002. Laatu yrityksen menestystekijänä. Helsinki: Talentum Media Oy.

Lecklin, Olli 2006. Laatu yrityksen menestystekijänä. 5. uudistettu painos. Helsinki: Talentum.

Laadunhallinta, laatujohtaminen ja -järjestelmät. 2014. Logistiikan maailma. Saatavilla: [http://www.logistiikanmaailma.fi/wiki/Laadunhallinta,\\_laatujohtaminen\\_ja\\_-j%C3%A4rjestelm%C3%A4t](http://www.logistiikanmaailma.fi/wiki/Laadunhallinta,_laatujohtaminen_ja_-j%C3%A4rjestelm%C3%A4t). Hakupäivä: 24.2.2017.

Lotus Notes -tietokanta. Quality Handbook. Hakupäivä 15.3.2017.

Neilimo, Kari – Uusi-Rauva, Erkki 2009. Johdon laskentatoimi. Helsinki: Edita Publishing Oy.

O'net. Sisäinen intra. Outokumpu Stainless Oy. Hakupäivä 15.1.2017.

Pellinen, Jukka 2006. Kustannuslaskenta ja kannattavuusajattelu. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Salomäki, Rauno 2003. Hyödynnä suorituskyykyiset prosessit – SPC. Tampere: Metalliteollisuuden Kustannus Oy.

SFS-EN ISO 9001. 2008. Laadunhallintajärjestelmät. Vaatimukset. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.

SFS-EN 13306. 2010. Kunnossapito. Kunnossapidon terminologia. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.

SFS-EN ISO 9000. 2005. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.

Teräksen laadusta vastaa jokainen sen tekijä. Teräskirja. Metallinostajat ry. Hakupäivä 23.02.2017.

Tuotantoprosessi Torniossa ja Kemin kaivoksella. Sisäinen intra. Outokumpu Stainless Oy, Tornion tehtaas. Hakupäivä 15.1.2017.

Vuosikertomus 2015. Espoo: Outokumpu Oyj. Saatavissa: [https://www.outokumpu.com/SiteCollectionDocuments/Outokumpu\\_Vuosikertomus\\_2015.pdf](https://www.outokumpu.com/SiteCollectionDocuments/Outokumpu_Vuosikertomus_2015.pdf). Hakupäivä 15.1.2017